UNIVERSITE D'ALGER

FACULTÉ DE DROIT

ANNÉE 1941 — N° 4

LES EAUX SOUTERRAINES DANS LES TERRITOIRES DU SUD

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN DROIT

présentée et soutenue publiquement le 31 Mai 1941

PAR

SAMSOEN Marc, Louis, Théophile

né le 21 Février 1906 à Hazebrouck (Nord)

MEMBRES DU JURY :

MM. BOUSQUET, Professeur d'Economie politique..... *Président.*

BIENVENÜE, Professeur de Droit public..... } *Suffragants.*

SAVORNIN, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger }

ALGER
Imprimeries "LA TYPO-LITHO"
& Jules CARBONEL, Réunies
—
1941

Alger N° 3508

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542708_0037

LES EAUX SOUTERRAINES

DANS

LES TERRITOIRES DU SUD

UNIVERSITE D'ALGER

FACULTÉ DE DROIT

ANNÉE 1941 — N° 4

LES EAUX SOUTERRAINES

DANS

LES TERRITOIRES DU SUD

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN DROIT

présentée et soutenue publiquement le 31 Mai 1941

PAR

SAMSOEN Marc, Louis, Théophile

né le 21 Février 1906 à Hazebrouck (Nord)

MEMBRES DU JURY :

MM. BOUSQUET, Professeur d'Economie politique. ..... *Président.*
BIENVENÜE, Professeur de Droit public. .....
SAVORNIN, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger } *Suffragants.*

ALGER
Imprimeries "LA TYPO-LITHO"
& Jules CARBONEL, Réunies

1941

UNIVERSITÉ D'ALGER

Faculté de Droit

MM.	CHAUVEAU, I. ✠	Doyen, Professeur de Droit commercial.
	VIARD, ✠	Assesseur du Doyen, Professeur de Législation algérienne.
	MILLIOT, ✠, I. ✠ ..	Professeur de Droit musulman.
	MALLARMÉ, I. ✠	Professeur de Droit administratif, en congé.
	BIENVENÜE, I. ✠	Professeur de Droit public.
	GAFFIOT, ✠	Professeur d'Economie politique.
	BRETON, ✠	Professeur de Droit civil.
	BERGER-VACHON, ✠..	Professeur de Droit criminel.
	BOUSQUET, ✠	Professeur d'Economie politique.
	ROUSSIER, ✠	Professeur de Droit romain.
	RODIÈRE	Professeur de Droit civil.
	CAPITANT, ✠	Professeur de Droit public.
	LE BRETON	Agrégé.
	COSTE-FLORET	Agrégé.
	LAMBERT	Chargé des fonctions d'agrégé.
	RAY	Chargé des fonctions d'agrégé.

PELTIER, ✠, I. ✠ ... Professeur honoraire.

NOTA. — La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

AVANT-PROPOS

Dans les Territoires du Sud, les questions hydrauliques sont à la base de toute activité économique; or, rares sont les ouvrages qui en ont traité, tandis que sont innombrables les études sur des phénomènes ou des activités qui n'ont pu se produire ou se développer que dans la mesure où leur était assurée l'eau nécessaire.

Sans doute, avons-nous été amené par déformation professionnelle, à ne pas séparer, dans cet exposé sur les eaux souterraines du Sud, le côté économique des faits observés de leur aspect technique; ceci nous permettra d'en expliquer l'origine tout en indiquant les solutions possibles des problèmes rencontrés.

M. Bousquet, Professeur de Droit à la Faculté d'Alger, a bien voulu nous encourager dans cette voie et nous y guider de ses conseils éclairés. Nous lui en sommes infiniment reconnaissant ainsi qu'à nos Chefs: M. le Commandant Lehuraux, Directeur des Territoires du Sud, et M. Rème, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef de Service des Travaux Publics des Territoires du Sud, dont l'aide et la bienveillance nous ont permis de mener à bien notre étude.

D'autre part, M. Bétier, Ingénieur en Chef des Mines, Directeur du Service de la Carte Géologique, s'est intéressé à notre thèse et nous a accordé son plus entier concours; qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre plus profonde gratitude.

Nous devons également exprimer tous nos remerciements à M. Berland, Chef de Station Hydrologique de l'Oued Rir', qui nous a fourni de nombreux et précieux renseignements, ainsi qu'à nos chefs sondeurs, sans la collaboration et le dévouement desquels bien des énigmes fussent demeurés irrésolues.

Depuis près de dix années, nos fonctions consistent essentiellement à rechercher les moyens les plus avantageux d'exploiter les eaux souterraines des Territoires du Sud et à appliquer les règlements qui régissent cette exploitation.

De notre activité nous avons retiré un sentiment très net: il est impossible d'obtenir l'aménagement optimum des richesses aqui-

fères si l'on ne prend pas de pair les mesures d'ordre économique, juridique et technique susceptibles d'assurer la prospérité du pays; cette tâche est ardue, puisque ces mesures réagissent entre elles. Or, il semble que, dans l'agencement nécessaire, le rôle de la technique ait été trop souvent méconnu. Dans notre monde moderne, ce rôle va cependant sans cesse grandissant; il tend même à devenir prépondérant, quels que soient les domaines où s'exerce l'activité humaine. Notre sujet ne fait pas exception à la règle et nous aurons l'occasion de constater les conséquences fâcheuses que l'oubli de la technique a parfois entraînées. A la lueur de nos erreurs passées, nous pensons pouvoir indiquer les possibilités d'améliorer la situation des régions déshéritées du Sud et par quels moyens aboutir à ce résultat.

Avant d'entreprendre notre exposé, nous voudrions souligner les difficultés de l'existence dans le Sahara, les prodiges qu'y nécessite le maintien de la vie, les facultés d'adaptation qu'a dû déployer l'organisme humain pour arracher au désert quelques parcelles de son royaume. Le touriste qui, dans les saisons les plus agréables, ne fait que parcourir les oasis dont le pittoresque le séduit, ne peut imaginer la dure réalité. Les conditions climatériques sont excessives. En été, si le séjour, bien que pénible, y est possible, toute activité physique entraîne des efforts hors de proportion avec le résultat obtenu. Cependant, la culture des palmeraies est pratiquée par des indigènes héréditairement accoutumés à ses nécessités d'ordre spécial. Ainsi l'oasien vit en symbiose avec son palmier; le r'tass, pour entretenir les anciens puits arabes, accomplissait des plongées qui ridiculisent les performances des fameux pêcheurs de perles ; le nomade est un marcheur infatigable, au sens d'orientation mystérieux, connaissant la psychologie de ses bêtes, inséparable de ses chameaux qui, sans ses soins, seraient voués à une fin prochaine.

Mais, quelles que soient leurs occupations et leurs possibilités, une préoccupation domine toutes les pensées des gens du Sud : l'eau.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS D'HYDRODYNAMIQUE APPLIQUÉES AUX NAPPES AQUIFÈRES

Il nous est apparu indispensable d'exposer brièvement les notions fondamentales qui régissent l'existence et l'économie des nappes aquifères; leur connaissance est indispensable pour la compréhension des faits et nous ne connaissons pas d'ouvrage français traitant de la question. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de détruire certaines erreurs courantes.

Origine des nappes aquifères

Les eaux souterraines proviennent pratiquement toutes des précipitations atmosphériques. Une partie de ces dernières finit par s'enfoncer dans le sol perméable pour se mettre à l'abri de l'évaporation : elle descend verticalement jusqu'à la rencontre d'une masse d'eau remplissant les pores ou les vides d'un terrain quelconque, laquelle s'est arrêtée sur une couche imperméable. Cette masse d'eau est toujours animée d'un mouvement plus ou moins lent : le déplacement est entretenu d'une part grâce à des apports d'eau et d'autre part grâce à des pertes d'eau dues à l'évaporation, à l'épuisement par des plantes, à des sources ou à l'exploitation par puits.

Types de nappes aquifères

Une nappe souterraine exige donc, pour son existence, trois conditions : des pluies, un sous-sol perméable, une couche sous-jacente imperméable.

Suivant que les anfractuosités du sol, qui constituent le logement de l'eau souterraine, sont les interstices de grains de sable ou des fissures dans des roches solides, essentiellement calcaires et parfois gypseuses en Algérie, nous aurons deux types de gisements de caractères et de conditions d'exploitation très différents.

La nappe peut être libre, c'est-à-dire que si l'on y fonce un puits, le niveau de l'eau s'y établira à la même hauteur que dans le sous-sol; elle est captive, lorsque l'eau maintenue sous pression par une couche supérieure ou « toit » imperméable, remonte dans le puits au-dessus de la zone perméable.

Les niveaux auxquels monterait l'eau d'une nappe captive dans des forages exécutés en des points quelconques déterminent une surface « piézométrique » qui est une indication du potentiel de cette nappe, c'est-à-dire de la hauteur à laquelle l'eau pourrait s'élever si on lui frayait un chemin : cette hauteur sera également appelée piézométrique.

Il est évident que l'existence d'eau sous pression exige la présence d'un toit imperméable et que, dans les régions où la surface piézométrique dépasse la surface topographique, on pourra avoir un débit jaillissant. De ce seul point de vue, la détermination exacte de la surface piézométrique offre déjà un intérêt économique considérable.

Si dans la zone d'alimentation A d'une nappe captive (fig. 1) l'eau occupe un certain niveau, d'après les lois de l'hydrostatique, elle devrait monter au même niveau dans un forage creusé en un point quelconque C: il n'en est rien par suite de la perte d'énergie que l'eau en mouvement subit par frottement pendant le parcours AC : l'eau ne montera pas en M, mais en N sur la surface piézométrique, et, comme N est au-dessus du sol, le puits sera jaillissant. Quant à NM, cette longueur matérialise la chute de pression due au frottement entre A et C : elle est la « perte de charge » entre ces deux points. Si nous exécutions un autre puits en C', M' se trouvant à l'horizontale de N et N' sur la surface piézométrique, N' M' est la perte de charge entre C et C'.

Ainsi la pente de la surface piézométrique nous indique la résistance subie par l'eau dans son écoulement : donc, pour une nappe de perméabilité donnée, plus la pente sera forte et plus le débit sera important; inversement, pour un débit donné, plus la pente sera forte et plus sera faible la perméabilité.

La connaissance de la surface piézométrique qu'on pourra représenter par des courbes d'égal niveau exactement comme une surface topographique, nous donnera donc une idée des conditions du sous-sol : nous en déduirons, en outre, la direction de l'écoulement de l'eau, — normalement aux courbes de niveau, — et son sens, — celui des niveaux décroissants.

Tous ces renseignements sont précieux quand il s'agit d'exploi-

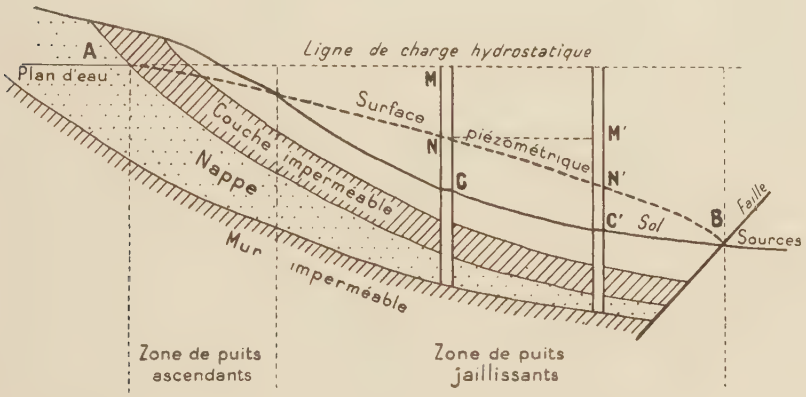


Fig. 1. — Nappe captive

ter une nappe de la façon la plus rationnelle, c'est-à-dire la plus économique.

Remarquons que, pour une nappe libre, on peut considérer que la surface de l'eau se confond avec la surface piézométrique et que tout ce que nous venons de dire pour une nappe captive s'applique pratiquement à une nappe libre.

Très souvent les eaux souterraines sous pression sont contenues dans des alluvions de fleuves. Pour la commodité de l'exposé et du calcul, on peut considérer une nappe captive de ce genre exactement comme si elle était recélée par un tube étanche ayant un débit égal à celui de la nappe et un diamètre tel que la perte de charge dans le tube soit égale à celle observée dans la nappe. La ligne piézométrique de cette canalisation imaginaire se trouverait ainsi sur la surface piézométrique de la nappe.

Exploitation des eaux souterraines

I. — *Cas d'une nappe libre.*

Soit une nappe libre entièrement traversée par un puits. Si on n'utilise pas ce puits, le niveau de l'eau qui s'y établit est le même que celui de l'eau dans la nappe : la présence de l'ouvrage ne cause aucun trouble.

Si l'on pompe un débit constant, le niveau dans le puits va baisser et, par suite, il y aura afflux d'eau en provenance de la nappe où la surface de l'eau va également s'abaisser ; une partie du terrain perméable qui était saturée d'eau va donc s'assécher et le débit pompé aura, au début, deux origines : l'une sera le drainage des espaces aquifères, l'autre sera l'alimentation normale de la nappe. En général, au bout d'un temps plus ou moins long, la partie asséchée du terrain perméable cessera de grandir, la surface de l'eau dans la nappe aura pris, autour du puits, la forme d'un entonnoir et cette forme sera stable : toute l'eau extraite proviendra de l'écoulement naturel de la nappe dont un nombre de filets d'eau, d'un débit total égal à celui pompé, sera capté par la dépression créée. Ce qu'est la forme de cette dépression, nous pouvons le déterminer par l'expérience, en creusant jusqu'à la surface de l'eau, dans le voisinage du puits, un certain nombre de petits forages. Dans la cas d'une nappe sableuse, on peut également avoir recours au calcul. La formule la plus connue est celle de Dupuit, basée sur certaines hypothèses simplificatrices. Cette formule permet facilement d'obtenir le débit Q d'un ouvrage, chose qui serait précieuse si l'équation donnant ce débit était exacte : malheureusement les résultats de l'expérience ne concordent que de façon très approximative avec ceux de la formule.

Si P est le coefficient de perméabilité, D l'épaisseur de la couche aquifère, d cette épaisseur au contact du puits et R celui de la zone déprimée

$$Q = M \frac{P\,(D^2 - d^2)}{2{,}3 \log_{10} \frac{R}{r}}$$

On peut lire dans certains ouvrages fondamentaux que, d'après cette formule, les variations du rayon du puits n'influencent pas le

débit : en fait, si le diamètre passe de 10 centimètres à 3 mètres, le débit est plus que doublé. Les phénomènes sont en réalité bien plus complexes. Cependant, comme le prix d'un puits dépend en grande partie de son diamètre, il y aurait grand intérêt à connaître la relation liant le débit au diamètre, puisque, de la connaissance de ces deux fonctions, nous pourrions déduire les dimensions de l'ouvrage donnant l'eau au moindre prix.

Des expériences récentes ont démontré que les choses se passent tout autrement qu'on ne l'avait imaginé jusqu'ici. La surface libre réelle est bien moins déprimée qu'on ne le pourrait croire d'après les formules de Dupuit basées sur des hypothèses inexactes et notamment celle que le niveau de l'eau dans la nappe aboutit au niveau qui s'établit dans le puits au cours du pompage.

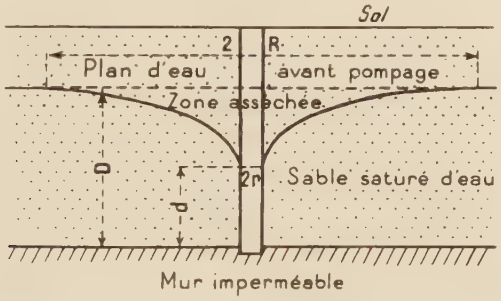


Fig. 2. — Nappe libre.

Enfin, chose très importante, si l'on considère la vitesse avec laquelle l'eau arrive dans le puits en chaque point de la paroi, on constate qu'elle est très variable suivant la position du point par rapport aux niveaux d'eau dans les puits et dans la nappe: au voisinage du premier niveau la vitesse est maximum et peut devenir très grande.

Le croquis ci-après provient d'une étude de Morris Muskat dans le *National Research Council* et donne une idée exacte des faits.

Dans cette figure f est le coefficient de perméabilité, ED l'épaisseur de la nappe saturée d'eau, AB la profondeur de l'eau dans le puits, BF la dénivellation due au pompage dans le puits, AE est le rayon d'influence.

Il est à remarquer que le point B de la paroi du puits, où la vitesse de l'eau a sa plus grande valeur, risque de s'affouiller. C'est bien ce que nous avons observé dans un cas particulier et, chose curieuse, nous avions donné du phénomène une explication coïncidant avec celle que des recherches systématiques ont ultérieurement établie. On est ainsi amené à prendre des dispositions spéciales dans la zone avoisinant le niveau de pompage pour obtenir un captage convenable et le meilleur rendement du puits.

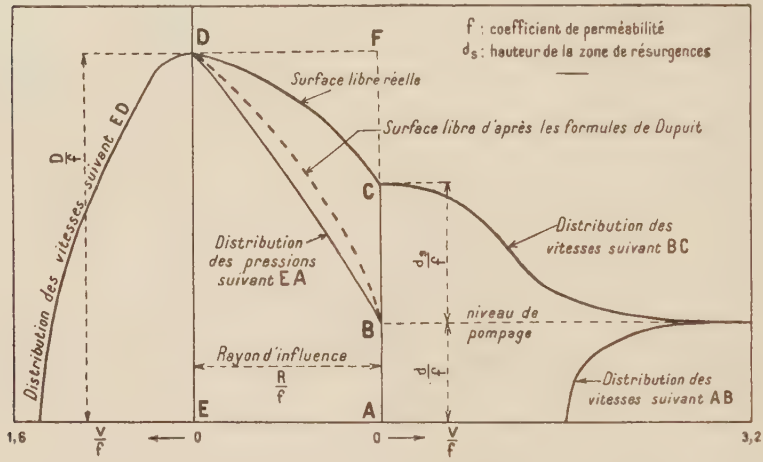


Fig. 3. — Surface libre et distribution des vitesses dans une nappe libre.

Si l'eau se trouve dans un terrain fissuré, seule l'expérience permettra d'obtenir les caractéristiques de chaque ouvrage d'exploitation.

II. — *Cas d'une nappe captive.*

Nous supposons qu'en aucun cas le niveau de l'eau dans le puits ne descend au-dessous du toit imperméable.

Si la surface piézométrique, à l'emplacement du forage, dépasse la surface du sol, le puits est jaillissant, sinon il est simplement ascendant et il faudra l'exploiter par pompage. Admettons que nous soyons dans ce dernier cas, la pompe est mise en marche, donne un débit Q pour lequel le plan d'eau se stabilise à une profondeur p. Notons immédiatement que ce débit Q aurait été le débit que le

puits aurait donné si on avait abaissé la surface du sol de p : donc pomper revient à abaisser mécaniquement la surface du sol de la profondeur de pompage. Ceci explique que puits jaillissants ou puits pompés soient identiques du point de vue hydrodynamique.

Dans une nappe captive, la surface piézométrique n'est pas matérialisée par la surface de l'eau comme elle l'est sensiblement dans le cas d'une nappe libre : on peut seulement déterminer un point de la surface piézométrique dans chaque forage, qui, en pareil cas, est assez profond et, par suite, coûteux. L'établissement rigoureux de la forme de la surface piézométrique est donc une opération difficile et onéreuse.

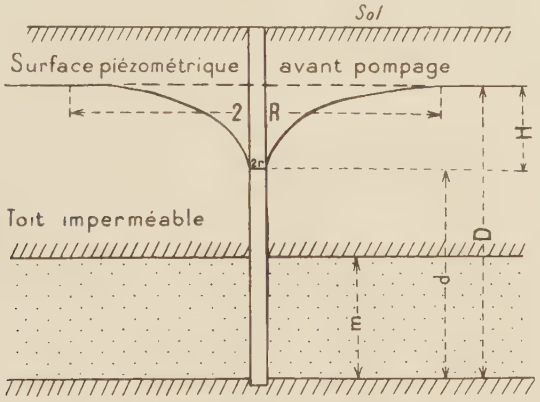


Fig. 4. — Nappe captive.

Des formules de Dupuit, analogues à celles obtenues dans le cas de nappes libres, peuvent être obtenues si la couche aquifère est sableuse : elles sont en général plus satisfaisantes que pour une nappe libre.

Notamment le débit Q est donné par la formule :

$$Q = 2\,\pi\,\frac{P\ m\ H}{2{,}3\ \log_{10}\ \frac{R}{r}}$$

équation qui suscitera des remarques identiques à celles que nous avons déjà vues au sujet de l'influence du rayon du puits sur le débit.

L'exploitation d'un forage entraîne l'abaissement de la surface piézométrique, au point correspondant, jusqu'au niveau d'écoulement, et une dépression de cette surface. Mais il y a une différence considérable entre les cas d'une nappe libre et d'une nappe captive : dans le premier cas, la dépression était réelle, elle progressait lentement, au fur et à mesure de l'assèchement d'une partie du terrain perméable, jusqu'à ce qu'il y eût équilibre entre le débit pompé et le débit prélevé par la dépression sur l'écoulement naturel de la nappe; dans le deuxième cas cette dépression est non pas réelle, mais virtuelle, elle progresse rapidement jusqu'à ce qu'elle capte également dans la nappe un débit égal à celui produit par le puits : la progression serait théoriquement presque instantanée si les terrains étaient absolument rigides, mais comme ils se déforment, en partie du reste de façon élastique, la propagation de la baisse de pression causée par l'exploitation du puits s'en trouve retardée.

Supposons qu'au lieu d'abaisser le plan d'eau à une profondeur quelconque, nous l'abaissions d'un mètre et que C soit le débit obtenu, c'est la caractéristique d'un puits. Dans une nappe de sable un forage bien fait donne un débit Q proportionnel à l'abaissement H du niveau de l'eau par rapport à sa position d'équilibre, c'est-à-dire à la surface piézométrique avant exécution du forage ; on a donc :

$$Q = CH$$

Pour une même dénivellation du plan d'eau, plus un puits aura une forte caractéristique et plus il donnera d'eau : un puits sec a une caractéristique nulle ; dans un beau puits on arrivera à quelques centaines de litres-minute, et on atteindra parfois quelques milliers de litres-minute. La valeur de la caractéristique fixe l'utilité économique d'un forage : un puits ayant une caractéristique quintuple d'un autre vaudra cinq fois plus que ce dernier.

Il y a donc le plus grand intérêt, pour obtenir de l'eau de façon aussi économique que possible, à ne pas considérer qu'un puits est terminé une fois la nappe atteinte, mais à s'arranger pour que la caractéristique soit maxima.

Il est assez curieux de constater que ceux qui désirent faire exécuter un sondage d'exploitation traitent avec un entrepreneur moyennant un prix par mètre exécuté : automatiquement ce dernier s'efforcera d'avancer aussi vite que possible et ne se préoccu-

pera que peu ou prou d'obtenir plus ou moins d'eau, puisqu'il ne serait pas payé pour les dépenses qu'il pourrait faire en vue d'améliorer la caractéristique, c'est-à-dire le débit du puits.

Il convient ici d'examiner une question préliminaire : est-il possible et, dans l'affirmative, par quels procédés, d'augmenter la caractéristique ? Voyons de quels facteurs dépend cette dernière. Supposons que le niveau de l'eau dans le puits affleure la surface du sol et pompons un débit égal à la caractéristique C, de sorte que, par définition, le plan d'eau se stabilisera à un mètre de profondeur. Pour élever ce débit à la surface du sol, nous devons fournir une certaine puissance à la pompe ; compte tenu du rendement des engins mécaniques, nous avons consommé une énergie

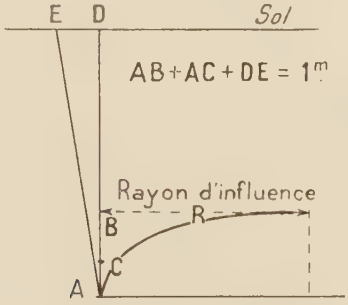


Fig. 5. — Pertes de charge causes de la caractéristique.

qui a été dépensée presque exclusivement en frottements par le débit C pour se frayer un chemin jusqu'à la surface du sol.

Ces frottements sont indiqués sur le croquis ci-contre, établi pour montrer les diverses pertes de charges subies par l'eau dans son trajet vers le jour, et dont le total sera nécessairement d'un mètre. Ils se sont produits :

1° Dans la nappe elle-même : AB.

2° A l'entrée dans le système de captage : AC.

3° Dans le tubage : DE.

Nous considérons l'énergie dispersée en force vive comme un frottement.

La somme de ces trois éléments étant constante, pour augmenter la caractéristique, il s'agit d'augmenter le rayon d'influence du puits pour le débit C. Pour cela nous tâcherons de réduire AC et DE et de les faire tendre vers zéro : quant à AB, qui sera alors pratiquement de 1 mètre, nous tâcherons d'augmenter encore son influence en diminuant la résistance de la nappe à l'écoulement de l'eau.

Puisqu'il est possible d'améliorer la caractéristique, voyons comment nous y parviendrons.

1° Pour diminuer la résistance de la nappe à l'écoulement nous allons, d'une part, augmenter autant que possible le diamètre du puits, et d'autre part la perméabilité du sous-sol.

Dans une nappe sableuse, la résistance offerte à l'écoulement est de l'ordre de celle d'un sable homogène ayant des grains d'un diamètre égal à la taille effective du sable naturel : celle-ci est telle qu'en poids 10 % des grains soient d'un diamètre inférieur et 90 % d'un diamètre supérieur. On s'efforcera donc d'extraire — tout au moins au voisinage du puits — les particules de sable les plus fines. En outre on tâchera d'avoir un diamètre du puits aussi grand que possible dans la nappe.

Dans une nappe fissurée, on accroîtra la dimension des fissures par l'usage d'explosifs et, ce qui vaut mieux, par des injections d'acide chlorhydrique.

Remarquons que tous les procédés n'agissent qu'au voisinage du puits, mais que cette zone est la plus intéressante, puisque c'est celle où la vitesse de l'eau et par suite les frottements sont les plus élevés.

2° A l'entrée, dans le système de captage, il n'y a aucune résistance dans le cas de roches fissurées, puisque, même si on descend un tubage en face des venues d'eau, on y peut pratiquer des ouvertures de dimensions telles qu'elles n'offrent aucune résistance au passage de l'eau.

Il n'en est pas de même dans le cas des nappes sableuses, car on est pris dans un dilemme : ou les trous dans le tubage laisseront passer largement l'eau, — et par conséquent le sable, — ou ils arrêteront le sable, mais gêneront le passage de l'eau. Si les sables sont très fins, on arrive à des ouvertures infimes. La difficulté est encore accrue, si l'on songe que les sables composant les nappes d'une certaine épaisseur ne sont pas homogènes et que l'on

sera amené à adopter des tubes perforés ou crépines ayant des fentes plutôt trop petites. Il n'est pas rare d'avoir à l'entrée dans les tubes de captage des pertes de charge considérables. Il arrive même qu'une sorte de colmatage se produise qui fausse de plusieurs mètres les mesures de pression statique de la nappe. On conçoit les erreurs et les gaspillages que peuvent entraîner de tels errements.

Pour éviter tous ces inconvénients, le procédé le meilleur, à notre avis, consiste à interposer entre le sable de la nappe et une crépine à grandes ouvertures une certaine quantité de gravier : quand cette quantité sera suffisante pour que le sable ne soit plus entraîné par l'eau à travers le gravier, ce qui correspond à la diminution de vitesse de l'eau avec l'augmentation de diamètre du massif de gravier, nous aurons une situation stable. A ce moment le débit pénétrera sans difficulté du sable dans le gravier, puis dans le forage : d'ailleurs comme le gravier est très perméable, on accroît par la même occasion le diamètre du forage.

Nous verrons ultérieurement que ces puits à gravier offrent d'autres sérieux avantages.

3° Pour diminuer les frottements dans le sondage, il n'est qu'un moyen, c'est de prendre des tubes d'un diamètre adapté au débit que l'on veut obtenir. On réduit en même temps l'usure des tubes et les pertes d'énergie correspondant à la force vive absorbée par l'eau montant vers la surface du sol.

Sauf dans le cas des roches fissurées où l'écoulement sera presque toujours turbulent (frottement proportionnel au carré de la vitesse), nous nous efforçons de réaliser dans l'exploitation des eaux souterraines les conditions d'un écoulement laminaire (frottement proportionnel à la vitesse), ce qui, avec l'élimination de toutes les résistances possibles, assure le meilleur rendement de l'énergie dépensée pour pomper, ou fournie par la nature quand le puits est jaillissant. Nous arrivons pratiquement à réaliser ce type d'écoulement, pour des débits importants, quand le puits est assez bien fait. On appréciera aisément la qualité des travaux réalisés, en traçant une courbe des débits en fonction des dénivellations. Si l'on obtient une courbe à allure parabolique, le captage est mauvais: si l'on trouve une droite, le captage est satisfaisant ce qui n'indique d'ailleurs pas qu'on ne puisse encore améliorer la caractéristique. Naturellement, en augmentant le débit extrait

de façon suffisante, la droite finit toujours par s'infléchir, mais, dans une nappe sableuse captive donnée, la valeur du débit correspondant au point d'infléchissement marquera le degré de perfection de l'ouvrage de captage accompli.

Résultats obtenus

Nous allons passer rapidement en revue les avantages économiques que l'utilisation des procédés qui viennent d'être cités permet d'obtenir.

I. — *Nappes dans les calcaires.*

Les terrains fissurés normalement exploités dans le Sud sont constitués par des calcaires. La recherche des eaux dans de tels terrains est aléatoire, puisque les résultats dépendent des dimensions des fractures du sous-sol recoupées par le puits. Ceci explique les différences de débits obtenus par des forages situés à peu de distance les uns des autres : à Tolga, par exemple, un forage a donné 1 litre-minute tandis qu'à 200 mètres de là un autre a donné 15.000 l/m.

On conçoit que de tels aléas soient de nature à faire hésiter les propriétaires désireux de trouver de l'eau. D'autre part, il n'existe pas sous toutes les oasis de réseaux de fractures assez ouvertes pour donner de grosses productions.

Le procédé consistant à élargir par des injections d'acide les fissures aboutissant au puits, et cela d'autant plus qu'elles en sont plus voisines, est absolument rationnel, puisqu'il améliore le système de drainage préexistant dans le sous-sol. Soulignons que, sauf précautions spéciales, une injection d'acide dans un puits non étanche accroîtra les fuites et sera donc plus nuisible qu'utile.

Dans le cas où un sondage est rigoureusement sec, la seule technique possible pour le mettre en production, consiste à le « torpiller », c'est-à-dire à y faire exploser une charge de dynamite pour fissurer les roches. En fait, nous n'avons jamais rencontré de puits, dans des couches artésiennes, dont le débit fût absolument nul.

Le procédé par injection d'acide a remporté le plus grand succès dans la région de Tolga, en raison de la facilité avec laquelle le calcaire relativement pur qui contient la nappe réagit avec l'acide.

Mais les résultats les plus utiles ont été obtenus dans la région de Touggourt où l'irrigation est, en général, très déficitaire, ce qui n'est pas le cas de la zone de Tolga. A Touggourt seule la nappe la plus profonde exploitée — dite de 160 mètres — est justiciable d'un traitement par l'acide, malgré que les terrains soient assez marneux et parfois gypseux, ce qui explique de sérieuses variations dans leur comportement en présence d'acide et par suite la moindre régularité dans les résultats obtenus. On peut affirmer, néanmoins, que le procédé a permis de sauver de très nombreuses palmeraies.

D'une manière générale la caractéristique des puits traités a été décuplée: le coefficient d'amélioration a été de trois au minimum. Une fois la caractéristique a été amenée de 1/3 l/m à 90 l/m. Ainsi, grâce à une dépense relativement modeste, dans la plupart des cas, un puits traité a joué le rôle de dix forages identiques sans injection d'acide.

Nous rappellerons que pour ce genre de nappe, il ne peut être question d'avoir une caractéristique constante quel que soit le débit.

II. — *Nappes sableuses.*

La création de forages à massif de gravier constitue la solution la plus logique et permet d'obtenir une caractéristique généralement triple ou quadruple de celles de puits ordinaires : le coefficient d'amélioration est, du reste, d'autant plus important que le sable est plus fin.

L'emploi de cette technique est même indispensable pour l'exploitation économique des nappes qui, autrement, ne pourraient être que très mal ou pas du tout utilisées. Nous allons en voir quelques exemples.

1° Nappes à sable très fin.

Dans certaines régions l'eau est contenue dans des sables presque impalpables, dus sans doute à des dépôts éoliens (sables de dune) : le mélange de sable et d'eau arrive à se comporter comme une boue homogène plutôt que comme un mélange hétérogène. De telles nappes sont pratiquement inexploitables par les procédés habituels : on peut cependant y obtenir des caractéristiques et des débits intéressants, en raison de leur grande épaisseur.

2° Nappes à toit imperméable sans résistance

Assez souvent la couche imperméable qui surmonte le sable aquifère est plus ou moins inconsistante : tel est le cas de la région de Ghamra près de Touggourt, de certains points de la zone de Djamaa et, au degré maximum, de la basse vallée de l'Oued Djedi où le toit de la nappe est constitué par des rognons de marne enrobés dans un dépôt d'argile fine plus ou moins salée.

Si on exécute un puits ordinaire dans de telles nappes, les éboulis de la couche imperméable bouchent les ouvertures des crépines ou le tubage. Quand le débit est important, comme à Sidi-Rached (Jus qui fit les premiers de l'Oued Rir' en cite des exemples) ou à El Arfiane, un morceau d'argile entraîné par les eaux obture momentanément le tube ; il se produit alors un coup de bélier qui entraîne la ruine de l'ouvrage.

Un massif de gravier, exécuté de façon à empêcher la création de cavités dans le sous-sol, maintient les argiles en place et les empêche de troubler le captage réalisé.

3° Puits à gros débit.

L'expérience montre qu'à une exception près tous les puits exécutés dans l'Oued Rir', et dont le débit a dépassé 10.000 l m. ont eu une existence relativement brève. Une évolution de ce genre est aussi désastreuse pour les propriétaires que pour la conservation des eaux artésiennes.

La raison de ces accidents est, à notre avis, la suivante : lors du jaillissement du puits, le sable, qui se trouve dans la nappe dans un certain rayon, est entraîné par les eaux jusqu'à la surface du sol ; il se crée donc une cavité de grande superficie, mais d'épaisseur assez réduite. Le toit imperméable n'ayant plus d'appui a tendance à s'effondrer, d'autant plus que la pression des eaux captives ne soutient plus, comme avant le jaillissement, une partie du poids des terrains supérieurs.

La création d'un massif de gravier constitue un captage vertical au lieu du captage horizontal qui se produit naturellement, et réalise une sorte de remblayage hydraulique qui assure un point d'appui au toit de nappe au centre de la surface en porte à faux.

Nous avons tenu à citer ces divers exemples pour montrer les conséquences que peut avoir l'utilisation de techniques nouvelles sur la prospérité d'une région.

Avant de passer à la conclusion de ce rapide examen, laquelle consistera en l'indication des procédés à mettre en œuvre pour obtenir dans un puits les meilleurs résultats économiques, nous allons indiquer pour quelles raisons il est indispensable de créer des forages étanches.

Inconvénients de la non-étanchéité d'un forage

Le principal inconvénient réside dans l'existence de fortes pertes d'eau artésienne nuisibles aussi bien au propriétaire du puits qu'à la collectivité.

A titre accessoire, les fuites empêchent de limiter un débit au chiffre concédé, puisque, sauf emploi de procédés spéciaux, cette limitation exige la mise sous pression du sondage et donne aux pertes une importance inadmissible.

Supposons qu'une nappe jaillissante soit mise en relation par un puits non étanche avec une nappe simplement ascendante et que, pour la commodité de l'exposé, les deux couches aquifères aient la même caractéristique.

Sur le croquis ci-après nous avons représenté les droites donnant les débits de chaque nappe en fonction des niveaux d'écoulement.

Du fait de leur communication, nous aurons le débit de l'ensemble des deux nappes en ajoutant les débits de chacune d'elles : cette résultante est représentée par une droite en trait renforcé. On voit que l'ensemble des nappes a pour caractéristique la somme des caractéristiques des nappes, mais que la hauteur piézométrique a sérieusement baissé puisque le puits cessera de jaillir à une distance AH au-dessus du sol telle que $AH = AH_1 — AH_2$.

Quant au débit il sera passé de AB, donné en réalité par la nappe jaillissante, à AD, tel que $AD = AB — AC$: il y a une perte d'eau d'un débit égal à AC qui sera absorbé par la nappe ascendante.

Quant à la nappe phréatique, elle absorbera tout ce qu'elle pourra sous la charge AN : si cette quantité est supérieure à AD, le puits cessera de jaillir et le niveau de l'eau se stabilisera au-dessous du sol.

Ainsi, il y aura perte d'eau du débit AB sans profit pour quiconque : au contraire la nappe phréatique gorgée d'eau aura tendance à donner des mares qui rendront le pays insalubre.

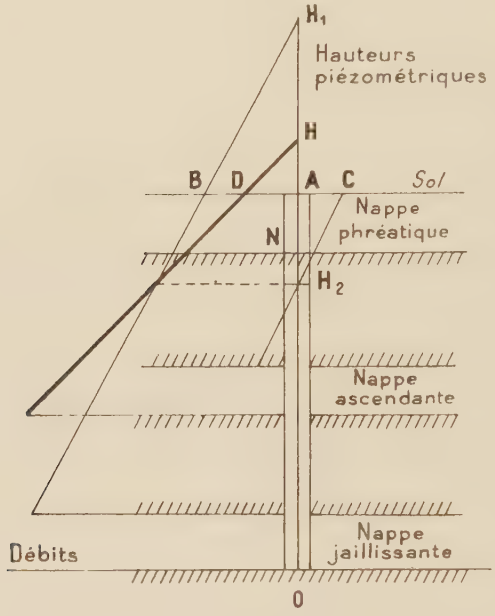


Fig. 6. — Pertes d'eau dues à la non-étanchéité du forage.

On voit en outre qu'il serait vain d'espérer d'un forage non étanche une indication quelconque pour la détermination de la hauteur piézométrique et, par conséquent, de la surface piézométrique.

Confection d'un puits dans les conditions optima

De tout ce qui précède, nous tirerons les règles suivantes pour la confection du type de puits donnant l'eau dans les conditions les plus économiques :

1° Un puits doit avoir un diamètre adapté au débit qu'on en veut tirer.

2° Le captage doit être particulièrement soigné, puisque de lui dépendent les possibilités de l'ouvrage, la constance du débit, et sa durée.

3° Le forage doit être étanche, ce qui impose l'utilisation de tubes également étanches dont l'épaisseur sera suffisante pour résister assez longtemps, malgré la corrosion, aux diverses pressions qu'ils ont à subir. Un joint sera réalisé entre le tubage et le terrain, grâce à une cimentation en général.

Cette étanchéité devra être renforcée à hauteur de la nappe phréatique en raison de l'importance des corrosions dues aux eaux salées de cette nappe.

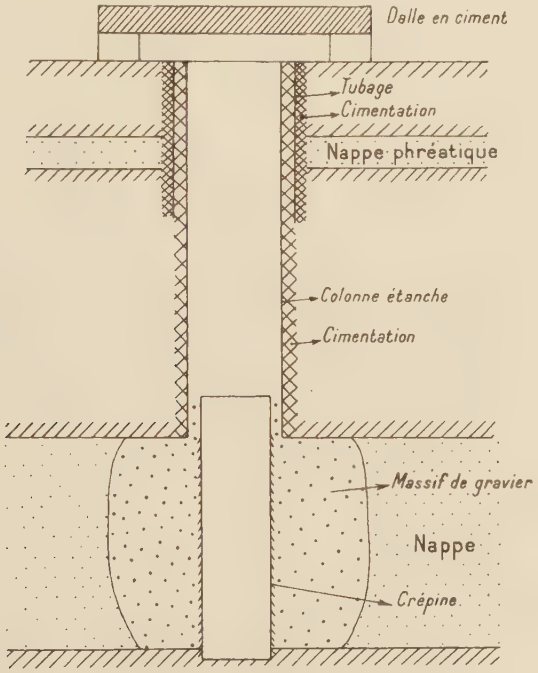


Fig. 7. — Puits type en nappe sableuse.

La réalisation d'une étanchéité correcte exige en fait l'utilisation d'appareils et de méthodes modernes de forage.

4° Des précautions devront être prises pour empêcher que ne soient jetés dans le puits des objets divers (cailloux, etc.). Ce point important est trop souvent négligé.

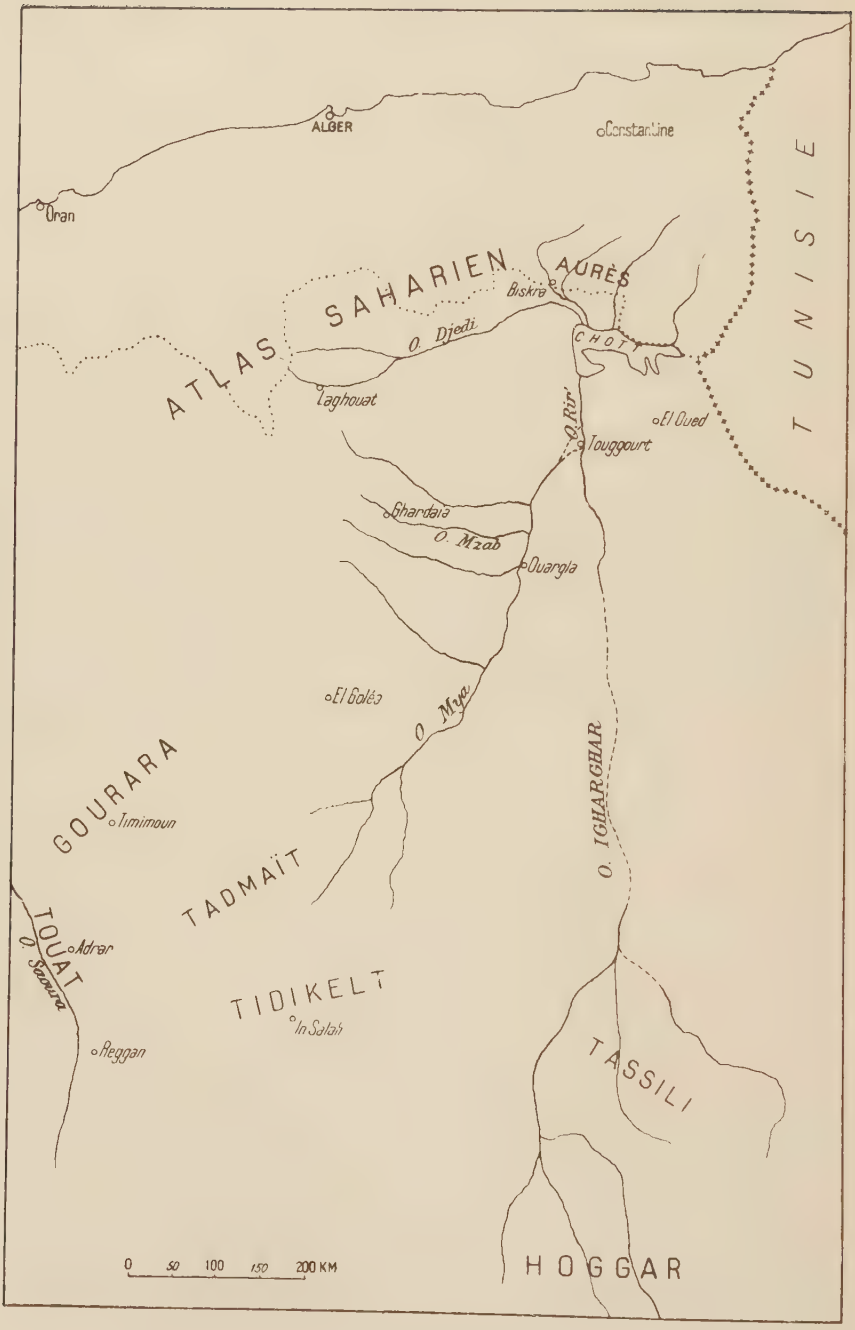
La figure 7 schématise la confection d'un tel puits dans le cas d'une nappe sableuse.

Pour réduire les corrosions, en particulier sur la crépine, on utilisera souvent pour la construire des métaux spéciaux tels les fers Armco, les aciers au cuivre, etc...

Ajoutons enfin que, si un puits doit assurer l'alimentation d'un centre en eau potable, il faut prendre des précautions toutes spéciales pour empêcher une communication quelconque avec la nappe phréatique qui est un véritable égout naturel. La moindre fissure dans les tubes est immédiatement agrandie par des réactions chimiques intenses et par des racines d'arbres qui s'y glissent et arrivent parfois à obturer le puits.

L'état des forages, parfois récents, alimentant certaines villes parmi les plus importantes, constitue un défi à l'hygiène et un attentat à la vie d'autrui.

Les principes que nous venons d'exposer sont nécessaires pour comprendre le mécanisme des répercussions que l'exploitation intensive de certaines régions a pu avoir sur les débits des puits de zones voisines. Or, ces répercussions constituent une question fondamentale, puisqu'elles sont la cause de la création d'une législation sur les eaux souterraines. Avant d'en entreprendre l'étude, il nous a paru indispensable de décrire les conditions géologiques et hydrologiques des gisements d'eaux souterraines dans les Territoires du Sud.



Nord-Est des Territoires du Sud.

CHAPITRE II

HYDROGÉOLOGIE

La partie du Sud qui nous intéresse, a une structure en forme de cuvette absolument analogue, aux dimensions près, à celle du Bassin parisien. La similitude est encore plus certaine si l'on souligne l'existence commune d'une importante couche aquifère du même âge géologique, l'Albien, dont les sables se ressemblent au point d'être indiscernables. Cette forme de cuvette est éminemment favorable à l'existence d'eaux artésiennes.

La nappe de l'Albien est intensivement exploitée dans la région parisienne : elle l'est moins complètement dans le Sahara où, cependant, elle est utilisée par pompage à Ghardaïa, par puits jaillissants à El-Goléa, In-Salah et au Tidikelt, par foggaras dans le Tidikelt, le Touat-Gourara. Sa puissance est énorme et il n'est pas douteux qu'elle doive être la ressource dans laquelle il sera nécessaire de puiser pour étendre, dans de notables proportions, la culture du palmier au Sahara. Indiquons en passant que les foggaras sont des galeries à pente très faible dont la partie la plus voisine des oasis constitue une canalisation étanche pour l'eau que la partie finale draine dans les couches sableuses des affleurements de l'Albien.

A Ghardaïa, les calcaires fissurés du Turonien recèlent une nappe phréatique qui alimente les palmeraies de la pentapole du Mzab et celles de Berriane. Au Turonien se rattache une bonne partie des eaux de Laghouat.

Les sources qui alimentent les nombreuses oasis des Ziban, dans la région de Biskra, ainsi que les puits artésiens des mêmes régions, proviennent de calcaires qu'on estime d'âge Suessonien.

Mais les palmeraies les plus importantes du Sud constantinois, celles où se posent les problèmes les plus intéressants, sont irriguées par des eaux provenant d'alluvions relativement récentes

d'anciens oueds. Ici comme dans l'Algérie du Nord, la plupart des anciens fleuves, même fossiles, ont un cours souterrain. Aussi placera-t-on le plus souvent les puits dans les thalwegs, parce que l'eau s'y est rassemblée et qu'en outre la profondeur à creuser pour l'atteindre est moindre : ce sera presque toujours dans de telles conditions que seront placés les puits à main utilisés pour abreuver les troupeaux dans les steppes qui constituent le pays du mouton.

Quand il s'agira de nappes captives, la nécessité, pour obtenir de l'eau jaillissante, de forer en des points où la surface piézométrique surpasse le sol, nous conduira dans les zones basses, donc également dans des vallées dont les alluvions constitueront un sol de culture en général acceptable. Par contre, ces zones basses auront souvent servi de point de concentration aux eaux de ruissellement qui y auront accumulé le sel : les puits seront donc très souvent au voisinage de sebkhas ou de chotts, et il faudra dessaler les terres, même pour y faire pousser un palmier. C'est ainsi qu'Ouargla se trouve sur le cours de l'oued Mya qui jalonne une fosse synclinale et y draine les eaux du plateau du Tadmaït. L'Igharghar, parti du Hoggar, suit du Sud au Nord un autre accident géologique : il finit par recevoir l'oued Mya comme affluent dans la région de Touggourt, et les eaux de ces deux fleuves, qui ne coulent plus en surface depuis des temps certainement très reculés, alimentent les millions de palmiers de l'oued Rir', partie terminale du cours de l'Igharghar.

Les basses vallées de l'oued Djedi et de quelques autres rivières contiennent également des nappes artésiennes d'importance secondaire.

Origine des eaux artésiennes

Un problème se pose aussitôt : celui de l'origine des eaux artésiennes.

Pour les étages géologiques, la question est relativement simple à résoudre : il suffit de rechercher les zones d'affleurement qui absorbent les précipitations atmosphériques. On connaît ainsi l'origine des nappes de l'Albien et du Turonien. Quant aux eaux du Suessonien, elles proviennent très vraisemblablement en grande partie de l'Aurès. Ces eaux alimentent une nappe phréatique d'un type très particulier s'étendant sur une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Biskra. Une ligne de collines abruptes borde le désert

qui, au Sud, s'étend sans accidents de terrain notables. Les vents ont déposé au pied de cet escarpement une épaisseur de 15 à 20 mètres de sables très fins qui ont enseveli la plupart des sources qui le jalonnaient : seules les sources les plus puissantes se sont dégagées, les autres ont imbibé d'eau les sables qui les recouvraient et ont créé ainsi une nappe à alimentation souterraine. Une source, l'Aïn Megloub, à jaillissement intermittent, illustre le phénomène à la suite duquel les eaux des sources ont été vaincues par les sables. L'eau de la nappe est à l'abri sous une couche épaisse de « deb-deb », terrain dont nous reparlerons souvent, et qui est composé de l'accumulation par évaporation des sels contenus dans l'eau : ce deb-deb est donc très soluble.

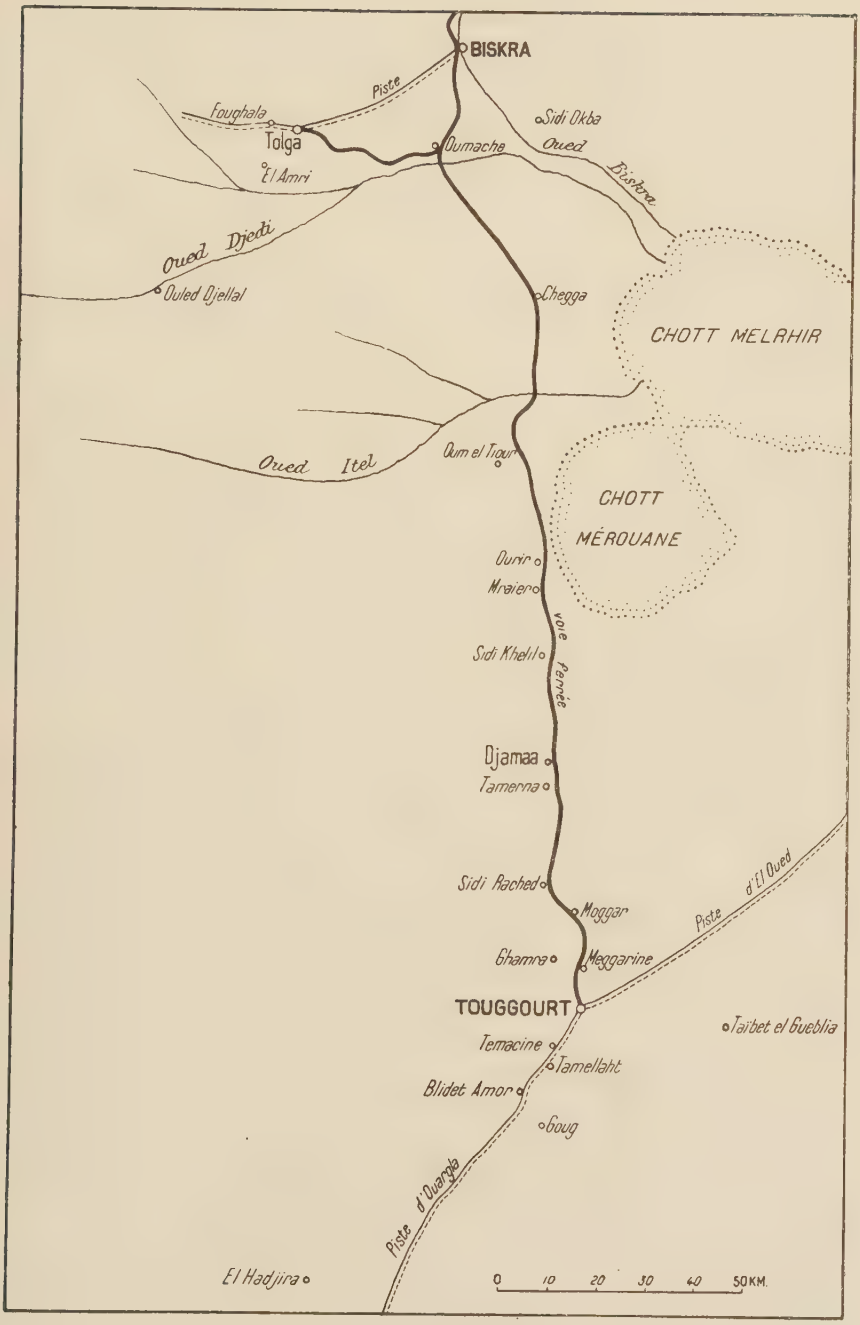
Nous avons parlé de façon assez détaillée de cette nappe des Ziban, car de bons esprits prétendent qu'une partie des eaux de l'oued Rir' provient, par un processus analogue, du passage d'eaux du Suessonien dans les alluvions de l'oued Igharghar.

L'examen des pressions des nappes démontre de façon incontestable que les nappes d'Ouargla et de Touggourt ne viennent pas du Nord : ce sont des infiltrations dans les sables poreux des oueds qui se sont mises sous pression entre des couches imperméables également d'origine alluviale : il a suffi, pour que les eaux soient jaillissantes, que la pente de la surface du sol soit supérieure à celle de la surface piézométrique.

On a souvent douté de cette origine méridionale des eaux artésiennes, parce que les bassins des oueds Mya et Igharghar ne bénéficient que de pluies très rares et, en général, peu importantes : on a estimé impossible que les quelque 5,5 mètres cubes-seconde, produits par les nappes souterraines, aient une telle origine. Il n'y a là, cependant, rien d'impossible, puisqu'un tel débit représente une infiltration de 10 millimètres d'eau sur une surface carrée de 100 kilomètres de côté ; or une telle superficie est infime par rapport aux surfaces drainées par les deux puissants oueds fossiles. Cependant, des expériences récentes ont démontré qu'il n'y avait d'infiltration sensible dans un sous-sol sableux que si les pluies étaient assez continues et assez importantes pour saturer d'épaisses couches de sable. De telles précipitations sont rares : quand elles se produisent, elles doivent regarnir les nappes souterraines pour de longues années. Par contre, dans les zones d'affleurements calcaires comme le Tadmaït ou la Chebka du Mzab, l'infiltration est rapide, même pour des pluies relativement peu importantes : il en est de même si les oueds arrivent à couler, l'alimentation du sous-sol est

très sensible. Si l'on étudie en outre la pluviométrie du Sahara, on arrive à cette conclusion que l'apport de l'Igharghar, venant du Hoggar, est assez modeste, celui de l'oued Mya drainant le Tadmaït et, par ses affluents ouest, la dorsale du Sud algérois, est certainement bien plus notable, mais la majeure partie des eaux artésiennes serait originaire de l'Ouest et du Nord-Ouest. Les partisans d'une alimentation de ce type présentent des arguments qui ne manquent pas de force : ils sont tirés de la présence, dans les eaux de certains puits alimentés par des couches sableuses qui arrêtent normalement par filtration des êtres microscopiques, de crustacés et de poissons ne présentant aucun des aspects d'animaux ayant longuement séjourné dans le sous-sol ; il faut donc que les couches sableuses soient alimentées par des réseaux de cassures dans des calcaires qui laissent passer des animaux d'une certaine taille ; une autre raison est la constatation de certaines anomalies dans les températures et les salures de divers forages.

Il existe cependant d'autres motifs très sérieux, et qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été invoqués, en faveur de cette théorie. La hauteur piézométrique de la nappe principale de Touggourt est de 90 mètres au-dessus du niveau de la mer à Goug, de 82 à Tamellaht, 68 à Touggourt, 65 à Meggarine : à Tamerna elle est de 52, mais nous ne pouvons affirmer qu'il s'agit bien d'une nappe prolongeant celle de Touggourt. Il n'est donc pas douteux que le sens de l'écoulement est bien Sud-Nord, dans le sens des hauteurs piézométriques décroissantes, ou, plus exactement, que ce sens est tel que l'eau circule comme si elle venait d'un point quelconque du secteur sud : nous ne pouvons préciser davantage puisque nous ignorons la forme exacte de la surface piézométrique et de ses lignes de niveau. Mais, si de Goug à Tamerna, soit sur 70 kilomètres, la pression a baissé de 38 mètres, de Tamerna à Ourir, soit sur 65 kilomètres, la chute de pression de la nappe principale est insignifiante, alors qu'en principe les sédiments les plus fins se déposant en dernier, la perméabilité des nappes aurait tendance à décroître, ainsi que la hauteur piézométrique, de façon de plus en plus rapide. Les résultats enregistrés à Mraïer et Ourir sur des puits à forte pression ne sont pas certains, car les puits n'étaient pas étanches, mais ils constituent des minima indiquant que la pression de la nappe doit être supérieure à 50 mètres. On peut donc se demander si l'oued Rir', à partir de Tamerna, ne se trouve pas sensiblement sur une ligne de niveau de la surface piézométrique d'une nappe provenant de l'Ouest.



Oued Rir' et Ziban.

Ville avait d'ailleurs déjà remarqué qu'à Tamerna le pendage des sédiments superficiels était Ouest-Est. En outre, les répercussions extrêmement étendues des puits indiquent un terrain très perméable et offrent les caractéristiques rencontrées dans les nappes situées au sein des calcaires. Des puits neufs projetés dans cette région permettront sans doute de fixer exactement la pression des eaux artésiennes et de tirer toutes les conséquences possibles d'une telle constatation.

D'autre part des calculs, dont nous verrons plus loin le principe, démontrent que, vu la pente de la surface piézométrique et la perméabilité de la nappe, celle-ci, dans sa partie méridionale, ne peut avoir un débit naturel de l'ordre de celui obtenu dans tout l'oued Rir'. Ainsi, dans la partie centrale et inférieure de l'oued Rir', l'eau de la grande nappe pourrait avoir essentiellement une origine occidentale, tandis que, selon toute vraisemblance, les nappes aquifères supérieures constituent en bonne partie un prolongement des nappes de Touggourt.

On peut d'ailleurs noter un fait analogue dans la plaine de la Mitidja.

Cette question de l'origine et de la direction d'écoulement des eaux d'une nappe est très importante, car elle permet de prévoir les quantités d'eau qu'on peut extraire de cette nappe.

Un problème complémentaire non moins important est la détermination des pertes d'eau que doivent supporter les couches aquifères : ces pertes sont dues à des puits, à des fissures dans le toit imperméable, ou à une lente filtration des eaux à travers celui-ci : elles alimentent des plantes utiles ou inutiles, — et en particulier des joncs dans les Ziban, — des marécages, des chotts, des sebkhas ; elles se dissipent surtout par évaporation, laquelle se traduit par une concentration de sels dans l'eau restante. De cette concentration, et connaissant le débit d'une nappe superficielle (comme la nappe phréatique), nous pourrions déduire l'importance des volumes d'eau dissipée par évaporation. Les pertes d'eau que nous venons de citer représentent une partie des eaux souterraines qu'il serait souhaitable d'utiliser ; or, les estimations des cubes d'eau enlevés par l'évaporation donnent des chiffres énormes, de l'ordre de centaines de mètres cubes à la seconde.

De la connaissance exacte de l'origine, de la contexture et des issues d'une nappe dépend essentiellement la détermination du mode le plus économique d'exploitation des eaux souterraines qu'elle recèle.

CHAPITRE III

—

RÉPERCUSSIONS DE L'EXPLOITATION D'UNE NAPPE

Nous avons vu comment devaient être confectionnés des puits pour qu'on en puisse tirer le maximum de débit, tout en leur assurant une existence aussi longue que possible. Mais nous ne pouvous défendre par des procédés techniques le jaillissement d'un forage contre les causes de diminution extérieures à l'ouvrage, qu'en agissant sur ces dernières. Il s'agira alors d'empêcher la création de nouveaux sondages susceptibles de détourner les eaux des puits existants et d'imposer des règles en vue de sauvegarder les richesses aquifères naturelles. Pour l'élaboration d'une réglementation, il convient de rechercher les critères d'ordre technique sur lesquels seront basées les défenses de faire jugées indispensables et, par suite, expliquer le mécanisme des répercussions qu'exerce l'exploitation d'un puits ou d'une oasis sur les oasis ou les puits voisins. Des mesures exagérément conservatrices ou trop générales risquent d'ailleurs d'empêcher le développement des cultures là où il est possible.

Répercussions d'un puits sur les puits voisins

Nous avons vu que le fait de mettre un forage en production déprime la surface piézométrique de la nappe exploitée; les dimensions de la dépression dépendent du débit mis à jour et sont donc accrues par l'amélioration du captage. Tout sondage, qui sera compris dans le périmètre de la dépression, sera influencé et perdra une partie de son jaillissement au profit du nouveau forage :

la valeur du jaillissement perdu sera donnée par la formule $c\ h$ où c est la caractéristique du puits touché et h la baisse de hauteur piézométrique correspondant au changement de forme de la surface piézométrique à l'aplomb du sondage influencé.

On peut lire très souvent que l'ouverture de nouveaux évents de la nappe artésienne a causé la ruine des puits d'amont. Ceci est exact, mais l'on commet la plus grave erreur en ajoutant, ou en pensant, que les forages d'aval ne subissent aucun dommage. En effet, la dépression causée par un sondage dans la surface piézométrique est sensiblement symétrique par rapport à celui-ci : elle est même un peu plus accentuée vers l'aval. Dès lors, deux ouvrages identiques A en amont et B en aval d'un forage neuf C et tels que les distances de A à C et de B à C soient égales, subiront des pertes de débit identiques en valeur absolue, mais différentes en valeur relative. Prenons un exemple : en C la hauteur piézométrique dépasse le sol de 4 mètres, en A de 2 mètres et en B de 6 mètres. L'exécution du sondage central C a déprimé la surface piézométrique de 1 mètre en A et B. Si les caractéristiques sont uniformément de 100 l/m, les débits des anciens puits étaient jadis de 200 et 600 l/m : quand C a donné 400 l/m, chacun des forages A et B a perdu le même débit de 100 l/m, et leurs jaillissements sont tombés à 100 et 500 l/m. Les baisses de débit sont donc les mêmes en valeur absolue, et en valeur relative elles sont de 50 % et de 16 %, de sorte que la première apparaîtra désastreuse et la deuxième supportable. Si la baisse de hauteur piézométrique causée par C en A et B avait pu atteindre 2 mètres, A serait tari et B donnerait encore 400 l/m.

Dans un cas récent, un forage neuf ayant une pression de 30 mètres au-dessus du sol semblait n'avoir aucune répercussion sur un puits voisin tandis qu'il en avait une notable sur une source distante de quelques kilomètres. La raison en est simple : une baisse de 1 mètre de la surface piézométrique au sondage placé à proximité avait amené une baisse de débit de 3 %, indiscernable puisqu'elle était de l'ordre des erreurs de jaugeage, tandis qu'une chute de 10 centimètres à l'emplacement de la source amenait une réduction de jaillissement de près de 20 %, la hauteur piézométrique étant de 50 centimètres au-dessus du sol.

Répercussions réciproques des puits à l'intérieur d'une oasis

Voyons maintenant ce qui se passe à l'intérieur d'une oasis. Nous allons d'abord supposer le sol horizontal ainsi que la surface piézométrique.

Le premier puits aura eu un débit important q_1, le deuxième placé dans la dépression de la surface piézométrique causée par le premier forage aura un jaillissement q_2 moindre que q_1 et déterminera une nouvelle dépression de la surface piézométrique qui entraînera une baisse de q_1 lequel deviendra q'_1 égal à q_2, d'après nos hypothèses ; le débit total des deux puits, q'_1 et q_2 sera donc inférieur à $2q_1$, c'est-à-dire au double du jaillissement initial du premier sondage, par suite de l'influence réciproque des puits l'un sur l'autre.

Il en serait de même si l'on creusait un troisième forage : le débit q_3 serait inférieur à q_2 et la production totale des trois sondages serait $3q_3$ inférieure à $3q_2$.

Si nous supposons que nous exécutions un nombre énorme de puits à l'intérieur du périmètre de l'oasis, la surface piézométrique finira par se confondre avec le sol sur la superficie correspondante : le débit unitaire de chaque forage tendra vers zéro, mais la totalité des jaillissements atteindra le chiffre maximum possible, celui qu'aurait donné un puits énorme ayant les contours de la palmeraie.

En fait, on arrêtera de creuser de nouveaux sondages quand la valeur de l'eau produite sera inférieure au prix de revient du puits. A ce moment d'ailleurs, la presque totalité du débit sera prélevée sur les ouvrages préexistants, l'opération est donc économiquement réalisable considérée du point de vue de l'intérêt particulier du propriétaire auteur des travaux, alors qu'elle doit être condamnée au nom de l'intérêt général puisque le gain net de débit, seul à considérer en ce cas, est extrêmement réduit. On arrivera ainsi à l'idée d'une interdiction d'effectuer de nouveaux forages à un moment où un particulier juge encore l'opération rentable.

En réalité, la surface du sol présente des accidents topographiques et la surface piézométrique de la nappe offre une certaine pente. Il s'ensuit que les jaillissements des sondages seront varia-

bles suivant leurs emplacements, au lieu d'être tous identiques comme dans l'hypothèse où nous étions placés.

Il arrivera donc que, dans certaines zones d'une oasis, l'exécution de puits neufs ne sera plus possible, alors qu'elle est encore payante dans des secteurs où la hauteur piézométrique au-dessus du sol est suffisante, donc, en général, dans les zones les plus basses. Une telle situation est désastreuse pour les puits les plus hauts dont les jaillissements subiront, en valeur relative, les réductions les plus importantes. Le dépérissement pourra être total malgré les efforts entrepris par les propriétaires pour modifier la topographie, en abaissant par des terrassements le sol de leurs jardins.

C'est par le jeu de ce phénomène que, dans une oasis, on peut constater une coïncidence de la limite des cultures avec une ligne de niveau topographique déterminée et que, d'autre part, les palmeraies auront gagné les bords de sebkhas dont les eaux salées, provenant en partie des irrigations, limiteront la descente des oasis.

Comme l'importance des répercussions dépend des débits instantanés fournis par une nappe, on voit que :

1° Les pertes d'eau dans le sous-sol ont une influence proportionnelle à leur importance.

2° Il est inexact d'admettre qu'une exploitation de 1.000 l/m. pendant six mois de l'année et de 3.000 l/m. durant les six autres mois, aura le même effet qu'un jaillissement continu de 2.000 l/m. Or, la raison pour laquelle est limité à un chiffre déterminé l'octroi d'une concession d'eau, est précisément qu'il faut modérer l'importance des répercussions : il y a limitation en débit et non en volume. La permission d'user des débits d'hiver et d'été différents revient donc à une extension de la concession au chiffre maximum.

Pour illustrer ces considérations nous citerons l'exemple d'Ouargla. La légende parle d'une immense palmeraie qui, vers le dixième siècle, était arrosée par des sources et de très nombreux puits dont les eaux, amenées aux jardins par des canalisations étanches, assuraient une parfaite irrigation. La capitale était Sedrata, actuellement en ruines, située à six kilomètres de la ville actuelle d'Ouargla, entre celle-ci et la Gara Krima qui servait de refuge contre les incursions de pillards.

Depuis cette époque de splendeur, des puits creusés de plus en plus bas ont entraîné à leur suite la palmeraie qui s'est blottie autour du lac aux eaux saturées en sel, laissant sur le chemin parcouru une traînée de palmiers épars qui n'ont pas voulu mourir.

Si l'on admet, avec Ville, qu'un puits indigène dure 15 ans, on peut imaginer le nombre immense de ceux-ci et l'importance des fuites qui en sont résultées. La nappe phréatique en est devenue parfois si abondante que la création de nouveaux puits à main était impossible pour les indigènes, ce qui n'a fait qu'accélérer la décadence des oasis, en empêchant le remplacement des puits morts.

L'énorme saignée des nappes artésiennes qui se dissipe en pure perte alimente seulement un chott et de vastes sebkhas, ainsi que les quelques milliers de palmiers djali dont les maigres silhouettes semblent, dans le vent de sable, autant de fantômes veillant sur les tombeaux des opulentes oasis d'antan.

Répercussions réciproques des oasis

Nous avons vu qu'à la limite nous pouvions considérer tous les forages d'une oasis comme remplacés par un seul puits ayant un diamètre égal à celui de cette oasis. Dans tous les cas, on peut considérer la dépression résultant dans une surface piézométrique, d'un ensemble de sondages voisins, comme produite par un puits provoquant, à l'extérieur de la palmeraie, une dépression semblable à celle existant dans la réalité.

La réaction d'une oasis sur les autres sera donc absolument analogue à celle que nous avons constatée pour les forages entre eux : l'échelle sera seulement plus grande.

Il y aura répercussion réciproque si les dépressions des surfaces piézométriques ont des points communs; les influences seront, en valeur absolue, pratiquement les mêmes en amont qu'en aval ; une oasis pourra détourner à son profit tout ou partie des eaux d'une palmeraie d'amont.

Les répercussions dues à une oasis sont donc fonction de la superficie de la zone déprimée qu'elle a engendrée dans la surface piézométrique : or, cette zone sera d'autant plus vaste que le débit extrait sera plus important et que la nappe sera plus perméable; cette perméabilité relative est, pour une nappe, toutes choses égales d'ailleurs, indiquée par les variations de la pente de la surface

piézométrique : plus cette pente sera faible, plus la nappe sera perméable, et plus les répercussions seront étendues.

Dans une nappe captive, les dépressions de la surface piézométrique se propagent très rapidement : il n'y aura pas modification du débit de cette nappe tant que la dépression, due aux exploitations d'aval, n'aura pas atteint la région où se fait l'alimentation en eau. A partir du moment où les prélèvements auront dépassé la réalimentation, on constatera une baisse générale de débit et de pression qui s'accentuera d'année en année, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre entre exploitation et alimentation soit rétabli.

Plus une nappe est perméable, plus les puits y sont abondants et plus la zone des répercussions est étendue. Ceci explique la disparition des oasis de Sidi-Rached et de Ghamra. La tradition rapporte qu'à Sidi-Rached fut creusé le premier puits de l'oued Rir', l'Aïn Kebira, d'un débit considérable : les ouvrages de remplacement portèrent au cours des âges le même nom et un Aïn Kebira, donnant encore un jaillissement notable, existait lors de l'occupation française. Quant à Ghamra, elle fut, avant Touggourt, la capitale de la région. Les premiers forages exécutés dans des zones plus basses ont achevé de faire disparaître les restes de ces palmeraies, dont la ruine avait été déjà presque consommée par le creusement de puits arabes dans des oasis voisines.

Dans le Sahara, la terre garde longtemps les traces des travaux qui y ont été exécutés. Or, avant que fussent créés les puits arabes l'eau nécessaire aux cultures provenait de sources d'un type particulier, chriats ou behour : leur importance a progressivement diminué et ils ne jouent plus aucun rôle dans l'irrigation. Les exemples très apparents de disparition d'oasis autrefois prospères ont très vivement impressionné tous les Européens de passage dans le Sud. De multiples fois on a annoncé que la limite d'exploitation des eaux souterraines était atteinte, que les nouveaux puits ne faisaient que détourner à leur profit le débit des anciens forages, qu'il fallait, par suite, empêcher tout nouveau sondage. Que penser de telles déclarations ? De la réponse dépendra l'avenir des régions intéressées. Nous allons essayer, à la lumière des faits et de nos connaissances théoriques, de résoudre le problème ainsi posé.

Les faits

En 1848, le débit total des puits et sources de l'Oued Rir' est estimé à 52.767 l/m.

En 1856, le premier puits français est exécuté par Jus à Tamerna Djedida. Le jaillissement de 4.000 l/m. à l'époque n'est plus que de 150 l/m. actuellement.

En 1890, Jus donne comme débit total 308.729 l/m. Ce chiffre est certainement erroné : la preuve en est que maintes oasis se plaignent de manquer d'eau, alors que l'irrigation parfaite des palmeraies existantes, à raison d'un débit de 50 l/m. à l'hectare ne demanderait que 140.000 l/m. environ. L'origine de l'erreur doit être recherchée dans l'absence de jaugeages systématiques; Jus, de très bonne foi, additionnait aux anciens débits ceux des nouveaux puits, et ne tenait pas compte des répercussions. D'autre part, les jaugeages étaient approchés par excès puisqu'ils se faisaient au flotteur. Enfin, les mesures étaient réalisées par les sondeurs, et l'expérience prouve qu'il est sage de se méfier des résultats accusés par les auteurs des travaux.

Les premiers jaugeages d'ensemble dignes de foi datent de 1922 et ont été exécutés par M. Berland, Chef de Station hydrologique de l'Oued Rir'. Dès lors, nous avons des données sûres. En 1922, le débit est de 278.000 l/m. En 1929, après une période de forages intensifs, puisque les puits neufs exécutés pendant ces sept années ont produit 234.000 l/m., le débit total n'est que de 320.000 l/m., accusant un gain de 42.000 l/m. Ainsi, sur les 234.000 l/m. obtenus de forages neufs, 192.000 ont été prélevés sur les puits préexistants. Il faut toutefois tenir compte de ce que les puits récemment créés ont été eux-mêmes atteints par les répercussions de sondages exécutés postérieurement, qu'une certaine baisse de débit dans les anciens forages doit être imputée à leur ensablement, et qu'enfin une partie du jaillissement d'un puits neuf dans une nappe à forte pression provient au début de la compression des couches aquifères et du tassement des couches imperméables encaissantes qui en chasse d'importants volumes d'eau (ceci explique la baisse de débit assez rapide qui se produit aussitôt après la mise en production). Par contre, la presque totalité des jaillissements nouveaux a été concentrée dans une zone située au

Nord de Djamaa et comprenant, du reste, cette oasis, zone qui donnait moins de 150.000 l/m. avant 1922.

Si l'on considère qu'il faut dix ans pour qu'un palmier soit adulte, on voit les désastres que peuvent causer des changements dans la répartition des débits d'irrigation de l'ordre de ceux que nous venons de voir pendant une période de sept ans. Il y a là une source de ruine pour les planteurs : en outre, il est contraire à l'intérêt général de remplacer par de jeunes palmiers — des djebars — des arbres en plein rapport, ce qui, à chaque fois, entraîne la perte de dix années de récolte.

Il est donc impossible de rester passif en présence d'une telle crise, et cette impossibilité n'avait pas échappé à nos prédécesseurs.

En 1865 Ville émettait des craintes au sujet des répercussions possibles.

Quant à Jus, dans un manuscrit que nous avons retrouvé, il s'exprimait, en 1890, dans les termes suivants, que nous ne pouvons nous priver de reproduire : « Malgré la prospérité des oasis « que nous nous plaisons à constater..., les demandes de puits par « nos oasiens, augmentent chaque année dans des proportions « telles, qu'il est non seulement impossible de les satisfaire en « totalité, mais qu'il serait même imprudent de les satisfaire en « partie.

« On ne doit pas perdre de vue, en effet, que la nappe artésienne est sur le point d'atteindre le maximum de son débit et « qu'elle ne peut fournir plus qu'elle ne possède. Les nouvelles « saignées qu'on lui prodiguerait désormais, sans étude approfondie de son allure, couleraient fatalement au détriment de « celles qui coulent actuellement dans le centre du bassin. Cet « état de choses serait évidemment ruineux pour les populations « qui le subiraient sans en comprendre les causes, n'offrirait « aucune compensation, même présente au point de vue de l'intérêt « général et compromettrait l'avenir du pays... Dans l'Oued Rir', « en raison des conditions spéciales de la vie agricole, la vie, « autant que la fortune publique, sont intéressées au suprême « degré à ce qu'une réglementation intervienne, pour l'établissement de nouveaux puits français et indigènes. Le commandement militaire... a pris les devants, en proposant la suspension « des recherches d'eau jaillissante dans l'oued Rir'... Cette réglementation a été proposée au Gouvernement Général par le Service des Mines du département de Constantine au mois d'octo-

« bre 1890, et nous osons espérer qu'il voudra bien la prendre en « considération, ..., en nommant une commission spéciale qui sera « chargée de déterminer les points où de nouveaux puits pour- « ront être entrepris sans nuire à ceux déjà existants ». Cette commission devait comprendre des autorités locales, des représentants de l'Administration, des populations et des entreprises.

Il y a là l'idée de ce qui sera créé beaucoup plus tard, sous une forme très voisine de celle préconisée dès 1890.

Actuellement on en est à la formule de Jus : on n'accorde en principe plus de forages que pour entretenir des plantations déjà adultes. Cette politique, d'apparence très simple, est, nous le verrons, d'application assez difficile. On peut se demander si elle est bien fondée, puisque les arguments n'ont pas changé depuis 50 ans et que, cependant, si quelques oasis dépérissent, la production totale de dattes a augmenté dans de très fortes proportions au cours de cette période. En réalité un gain de débit ne peut provenir que d'un prélèvement sur l'eau qui se perd sans irriguer des palmeraies. Le bilan d'une nappe s'établit de façon simple : la quantité d'eau d'alimentation est égale aux volumes d'eau utilisés dans les oasis, plus ceux qui se dissipent dans les chotts, les sebkhas ou par d'autres voies inconnues. Schématiquement nous pouvons représenter ces phénomènes de la façon suivante : la nappe est une canalisation alimentée par un réservoir qui est la zone d'alimentation : cette canalisation comporte une prise d'eau, constituée par les puits, le reste de l'eau se perd. Il est évident que, si le niveau de l'eau dans le réservoir reste constant, le seul procédé possible pour réduire les pertes d'eau consiste à augmenter l'importance de la prise des puits et, pour cela, à exercer une dépression sur cette prise. Pour réaliser une telle dépression, il il n'est que deux procédés qui, à dire vrai, ne sont que les stades successifs d'une même méthode : la multiplication des puits, suivie de leur pompage quand les débits deviennent trop faibles, tels sont ces deux procédés qui reviennent à déprimer au maximum la surface piézométrique. On peut même, grâce au pompage, supprimer finalement toute fuite de la nappe, si celui-ci est assez intensif pour rabattre le niveau piézométrique de la nappe au-dessous du niveau des fuites ; à ce moment la totalité de l'eau alimentant les nappes artésiennes sera employée aux irrigations. Il est donc évident qu'espérer augmenter le débit utile, sans avoir de répercussions, est une utopie.

Reste à savoir quel gain procure l'opération : c'est la question fondamentale. Nous ne pouvons donner actuellement une réponse sûre pour la région la plus importante, c'est-à-dire la grande nappe de Djamaa. Si nous avons des jaugeages exacts qui nous permettent de suivre les déplacements de débit, nous n'avons pas encore d'éléments suffisants pour indiquer à quelle dépression de la surface piézométrique correspond le gain de 42.000 l/m. dont nous avons fait état : la raison de cette ignorance est que nous ne disposons pas d'un nombre assez élevé de puits où puissent se faire des mesures de hauteur piézométrique assez fréquentes et assez exactes sans que l'existence de l'ouvrage soit menacée.

A titre d'exemple d'une réalisation de la méthode nous pouvons toutefois citer l'exploitation de la nappe dite de 160 mètres de Touggourt, nappe très perméable utilisée sur une superficie peu considérable. Les puits à cette nappe sont généralement récents, ils sont étanches eu égard aux procédés de forage employés ; il n'y a pas lieu de craindre de grosses perturbations pendant les mesures de pression, la nappe étant non sableuse et la pression au-dessus du sol peu élevée. On peut préciser que, pour cette nappe, à une baisse de la surface piézométrique de 1 mètre correspond une augmentation de débit de 3.000 l/m. Avec une telle donnée, il est possible et même facile, de prévoir quelles seront les répercussions et quel sera le gain net, eu égard au débit d'un nouveau puits (débit jaillissant ou obtenu par pompage).

Ainsi donc, du point de vue hydraulique, la question des répercussions est claire : le développement de l'exploitation d'une nappe entraîne des déplacements de débit importants et un gain net variable suivant les nappes.

S'il faut empêcher la création de nouvelles plantations ou même l'exécution de nouveaux puits, c'est là un problème plus politique qu'économique. Voyons les arguments qu'il est possible de soutenir, je ne parlerai pas de ceux qui ont été effectivement soutenus, en une pareille matière.

On peut faire d'abord remarquer que l'interdiction de creuser de nouveaux puits hors d'un périmètre donné n'est pas chose nouvelle. Cette solution a été adoptée par les Ibadites, sans doute à Sedrata, et certainement à Ghardaïa à partir du 17e siècle : une vaste étendue de terrain en amont de l'oasis a été acquise par la communauté mozabite : celle-ci a défendu d'y exécuter un puits, d'y planter un palmier ou d'y construire une maison. Cette règle

a été strictement appliquée jusqu'à ce qu'ait été permise en faveur d'Arabes la création de l'oasis de Ben Dahoua, laquelle eut immédiatement sa répercussion en aval. On peut toutefois objecter qu'à Ghardaïa il s'agit d'une nappe libre et non d'une nappe captive, que le débit disponible en période de sécheresse est extrêmement réduit et qu'en réalité le cas est très différent de celui qui nous préoccupe, puisqu'il ne peut être question d'augmenter l'utilisation d'une nappe dont, en fait, rien ne se perd.

Les planteurs sont en général d'accord sur la nécessité d'une réglementation, mais l'accord est moins unanime sur la nature de cette réglementation. Nous pensons que la plupart estiment que les mesures prises ne seraient jamais assez sévères si elles laissaient à chacun d'eux la liberté de faire ce qu'il lui plaît. Un argument qui nous semble digne d'être retenu est que la création de plantations en terrain vierge, suivant des principes modernes, avec des espèces de palmiers choisies, est bien plus intéressante pour la collectivité que la conservation de vieilles oasis ; la perte de dix années de récolte est rapidement compensée par le rendement bien plus élevé des nouvelles palmeraies.

Il est certain que les déplacements de débit extrêmement rapides que permet l'application des méthodes modernes de forage est un désastre et que le minimum d'une réglementation quelconque doit consister en un freinage de l'exécution de puits destinés à des créations de palmeraies.

Il est parfaitement admissible d'interdire les nouvelles plantations, puisque celles-ci ne peuvent se faire qu'en utilisant des eaux dont les quatre cinquièmes, pour le moins, sont détournés aux dépens d'autres propriétaires : une telle défense a des bases légales extrêmement solides.

En tout état de cause, il est certain qu'une pause était, et est peut-être encore indispensable après la crise qu'a traversée l'oued Rir', crise due d'abord à la multiplication inconsidérée de forages en des points quelconques suivie d'une période de mévente et de mauvaises récoltes.

Quant à la conduite à tenir à l'avenir, elle doit dépendre des constatations que nous pourrons faire sur le rapport entre répercussions et gain net. Pour réunir les données voulues, nous ne sommes pas équipés de façon suffisante : il est probable qu'une telle lacune sera comblée dans les prochaines années par l'exécution de puits modernes de remplacement dans la zone la plus dif-

ficile — celle d'Ourir-Mraïer. De toutes façons, l'interprétation rigoureuse des résultats recueillis sera assez délicate par suite des communications entre les nappes. En effet, deux nappes voisines ne sont jamais qu'en partie distinctes ; elles sont reliées non seulement par des puits non étanches, mais encore par des failles, et par la très lente filtration qui se produit à travers la couche d'argile imperméable qui les sépare, laquelle peut donner des débits importants par suite de l'importance des surfaces en contact.

A la lumière des explications qui précèdent nous allons passer en revue les diverses régions irriguées par puits pour fixer, quand cela sera possible, les tendances qu'il serait souhaitable de suivre pour l'exploitation des eaux souterraines.

Tendances à suivre dans l'exploitation des eaux souterraines

I. — *Ziban.*

Les nappes ont leur gisement normal dans des calcaires fissurés, les répercussions seront donc extrêmement étendues et réparties entre un grand nombre de puits : elles seront donc peu ressenties, en général, sauf si le nouveau débit mis à jour est considérable, ou si le forage influencé est à faible pression et à très forte caractéristique.

Dans la région de Tolga, la plus importante, le rapport entre les répercussions et le gain de débit serait assez facile à établir si les sondages étaient étanches : malheureusement la nappe phréatique qui s'écoule sous le deb-deb superficiel absorbe sans difficulté toute l'eau des fuites des puits, quel que soit leur volume, aussi le total de ces pertes est-il certainement important sans qu'on le puisse chiffrer. Il n'est pas douteux cependant que la nappe artésienne pourrait produire davantage si l'on considère les vastes étendues de jonc plus ou moins marécageuses qu'elle alimente en pure perte.

Si nous prenons les jaugeages exécutés de 1921 à 1929, le débit des sources et puits de Tolga est passé de 28.140 l/m. à 34.240 l/m. ; le débit total des nouveaux puits a été de 14.150 l/m., il y a eu gain de 6.100 l/m., chiffre auquel il convient d'ajouter le débit des fuites.

Le résultat est donc nettement encourageant. Depuis lors, Tolga a subi les répercussions de sondages exécutés dans des zones dis-

tantes de quelques kilomètres (région de Chemorrah, El Bordj), dont le débit est de près de 20.000 l/m., avec une baisse de jaillissement de 8.000 l/m. environ pour Tolga, à laquelle il convient d'ajouter d'autres diminutions de puits à Foughala, etc...

Malheureusement, la topographie de l'oasis de Tolga est telle qu'à une zone presque horizontale succède une région à pente plus élevée : la baisse de hauteur piézométrique entraîne le tarissement progressif des puits qui alimentent surtout les palmeraies magnifiques de la partie la plus prospère.

C'est pour cette raison que nous croyons prudent d'empêcher l'ouverture de nouveaux évents, tant, du moins, que les propriétaires de la région menacée de Tolga ne se seront pas équipés pour avoir recours au pompage.

II. — *Oued Rir'.*

Il convient de distinguer des régions très nettement distinctes, celles que Jus appelait la partie centrale de Djamâa, la partie septentrionale de Sidi-Khelil, Mraïer, Ourir, la partie méridionale de Touggourt.

1° Région de Djamaa.

Il semble bien que les nappes supérieures, dans des sables fins, du reste, soient en relation avec celles de Touggourt, ceci en raison de la situation d'un étage dit des « sables rouges » dont la finesse est telle qu'ils sont très rarement exploités et dont la continuité est un excellent repère.

Mais la nappe principale, celle qui a assuré l'essor des oasis du Caïdat de Djamâa, est constituée de sables perméables, en relation probable avec des calcaires sous-jacents. Ces calcaires sont connus à Tamerna, à quelques kilomètres au Sud de Djamâa, mais ils n'ont jamais été recoupés, au Nord, par d'autres forages : ceux-ci n'ont jamais été poussés au delà de la profondeur nécessaire pour exploiter la grande nappe, soit 140 mètres environ.

Dans cette région à répercussions intenses, doit s'appliquer actuellement la règle d'extrême prudence donnée, tant que n'aura pas été fixé le bénéfice qu'on pourrait retirer d'une multiplication des forages et que les oasis voisines de Tamerna, Sidi Yahia n'auront pas été équipées pour parer, à l'aide de pompages, à une nouvelles baisse de débit qui achèverait de les ruiner.

2° Région septentrionale de l'Oued Rir'

La plupart des palmeraies subsistaient des débits obtenus dans les nappes supérieures avant que fût connue la grande nappe. Les sables étant en général assez fins, la durée des jaillissements obtenus dans des puits exécutés sans précautions spéciales était relativement courte.

Les débits obtenus des forages à la grande nappe dans cette région, où la hauteur piézométrique au-dessus du sol atteint 60 mètres, ont été très importants. Dans l'ordre d'exécution, les jaillissements ont été à Mraïer de 39.000 l/m., à Ourir de 20.000 l/m., à Sidi-Khelil de 8.000 l/m. Le total de 67.000 l/m. montre bien, puisqu'il est très supérieur aux gains de débit enregistrés dans l'Oued Rir', qu'il y a eu des répercussions sur les anciens ouvrages et presque certainement sur la région de Djamàa où la grande nappe doit être en relation étroite avec celle de la région de Mraïer.

Les autorisations d'exploiter la nappe profonde dans ces régions ont été réduites au maximum, d'abord en raison des débits unitaires obtenus, des répercussions et enfin de la technique de forage utilisée qui, bien que satisfaisante en général, ne suffit pas à assurer une longue durée à des sondages aussi puissants : le puits d'Ourir s'est effondré et celui de Mraïer menace ruine. D'autre part, comme Ourir est à la fin de l'Oued Igharghar, il est probable que les eaux des nappes supérieures qui y sont inutilisées sont perdues définitivement. Si les propriétaires de ces régions ont tendance à demander l'exploitation de la grande nappe qui doit donner dans leur esprit de l'eau d'irrigation à volonté et à un prix de revient minimum, il est cependant préférable, dans l'intérêt général, d'utiliser les nappes supérieures. Il est d'ailleurs vraisemblable que le prix du litre-minute, grâce à l'emploi des techniques de captage modernes, par des ouvrages parfaitement stables exploitant les premières nappes, serait moindre que celui obtenu dans la grande nappe par des puits rendus onéreux par les précautions prises pour en empêcher l'effondrement.

On semble devoir encourager l'exploitation des nappes supérieures et réserver celle de la grande nappe, au moins jusqu'à ce que nous connaissions ses caractéristiques. Cette connaissance sera sans doute suffisante après exécution d'un sondage à Oum-el-Tiour à 17 kilomètres au Nord d'Ourir, et de forages de rempla-

cement des puits d'Ourir et de Mraïer. Le sondage d'Oum-el-Tiour a pour but de reconnaître l'extension de la grande nappe, de revivifier une oasis périclitante, de recaser des indigènes des oasis ruinées et, enfin, de fixer les nomades de la tribu des Arab Gheraba. Il a été placé en un point très excentré de façon à réduire les répercussions éventuelles au minimum et, par suite, d'avoir un gain net de débit aussi important que possible.

3° Région méridionale de l'Oued Rir'

Dans la région de Touggourt, à part la nappe dite de 160 mètres dont nous avons déjà parlé à titre d'exemple, n'existent que des nappes sableuses, dont la principale, composée de sables de perméabilité moyenne, a une puissance généralement supérieure à 30 mètres. Les répercussions dans cette nappe ont été limitées en étendue : elles ont eu lieu plutôt d'un quartier d'oasis à un autre que d'oasis à oasis : un village djedida (jeune) s'est fondé à côté du guedima (vieux), les « chemorra », c'est-à-dire les secteurs marécageux, ont prospéré aux dépens de l'ancienne oasis, comme c'est le cas à Touggourt. Tamellaht et Temacine, par exemple, dépérirent au profit des créations de Ben Zaouï, Danoun et du Mahjoub. Au total le mal a été supportable, car, le plus souvent, les vieux palmiers ont continué à disposer d'une faible quantité d'eau et ne sont pas morts, le glissement des débits ayant été gêné par le défaut de perméabilité des sables; en outre, ce sont presque toujours les propriétaires des anciens jardins qui ont fondé les nouveaux et gagné d'un côté ce qu'ils perdaient de l'autre.

La situation est donc toute différente de celle des autres régions de l'Oued Rir'. Elle l'est encore plus, si l'on considère que l'on n'exécute plus guère de puits à Touggourt à cette nappe sableuse : elle a été tellement exploitée que les débits obtenus ne paient plus les travaux de puits étanches. A Touggourt, rares sont les forages récents qui n'ont pas pour but l'utilisation de la nappe de 160 mètres. Bien que les répercussions soient limitées en étendue, un nouveau sondage dans une oasis tirerait son débit essentiellement des puits voisins. Pour obtenir un gain de débit il faudrait créer de nouveaux centres d'exploitation isolés, ce qui n'est pas possible du point de vue topographique et serait illogique puisque l'on manque d'eau. Reste une solution, la seule possible, qui consiste à abaisser artificiellement le niveau d'exploitation à l'aide du pom-

page, question qui sera étudiée de façon détaillée en raison de son importance. Ainsi, il n'est guère difficile à Touggourt d'interdire l'exécution de forages que personne ne songe à exécuter, sauf à la nappe de 160 mètres, laquelle fait l'objet de mesures spéciales, d'une prudence justifiée.

III. — *Ouargla.*

La nappe présente de grandes variations de puissance et de perméabilité, mais, comme il existe un réseau continu de plages très perméables, on peut classer l'oasis parmi celles où les répercussions sont considérables : nous avons eu un exemple récent où un forage a exercé une influence importante à plus de 3 kilomètres en aval.

Les palmeraies sont rassemblées autour d'un chott assez vaste, qui fait lui-même partie d'une sebkha étendue entourant aux trois quarts l'oasis (la cote en est de 119, tandis que la hauteur piézométrique de la nappe est de 123 au plus) ; compte tenu de l'écoulement nécessaire des eaux de colature, il reste une zone de culture comprise entre les cotes 120 et 122 qui peut être irriguée par jaillissement libre : dans les jardins situés au-dessus de la cote 123, les indigènes ont exécuté des travaux de terrassement considérables pour amener le niveau des cultures au voisinage du plan d'eau dans les puits.

On peut estimer que depuis les temps de prospérité de Sedrata, la nappe a perdu au moins 12 mètres de pression. Le déficit d'irrigation est très important.

Dans ces conditions, aucun gain de débit ne peut être obtenu de nouveaux puits : permettre la création de nouvelles palmeraies peut se justifier du point de vue politique, mais est un non-sens économique et hydraulique.

IV. — *Nappe de l'Albien.*

Cette nappe est à peine effleurée eu égard à sa formidable puissance. A In-Salah, comme à El-Goléa, un développement très important des cultures est certainement possible. Il faut toutefois tenir compte que des puits neufs, dans le Tidikelt, auront sans doute quelque influence sur le débit des foggaras qui assurent

actuellement l'irrigation des palmeraies concurremment avec des puits artésiens et constituent d'ailleurs une formule d'exploitation des eaux moins économique que les forages.

Il convient d'ajouter que les foggaras du Touat, Gourrara et d'une partie du Tidikelt ne peuvent être remplacées par des puits qui, au-dessous des affleurements de l'Albien, rencontrent le carbonifère.Une formule mixte serait cependant probablement réalisable qui consisterait à creuser un forage en tête d'une foggara de longueur suffisante.

A l'heure actuelle, la nappe albienne constitue la seule couche aquifère connue, susceptible d'être exploitée intensément et d'alimenter d'importantes oasis nouvelles. Nous reparlerons, dans notre conclusion, des espoirs qu'on peut fonder sur la nappe de l'Albien.

En résumé, on peut dire que l'Administration s'est servie avec beaucoup de discernement des pouvoirs que lui donnait depuis peu la législation sur les eaux souterraines et que la pause qu'elle a instituée dans l'exploitation des nappes artésiennes était indispensable.

Malheureusement, avant que son action ait pu s'exercer, la multiplication de puits mal faits pendant quelques décades d'anarchie hydraulique a causé des dommages très graves : la question se pose de savoir s'il est possible de les réparer, ou, tout au moins, de les atténuer, et, dans l'affirmative, par quels moyens.

CHAPITRE IV

—

RÉPARATION DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA MULTIPLICATION DES PUITS

Bilan des dommages

Certaines oasis ont disparu, un grand nombre sont très insuffisamment alimentées en eau. La situation peut se résumer en quelques chiffres. En 1890, 140.000 l/m. permettaient une irrigation parfaite des palmeraies existantes : actuellement il faudrait 600.000 l/m. : nous ne disposons que de 300.000 l/m. La situation est encore plus grave, si l'on remarque qu'à partir de Djamâa, en allant vers le Nord, les palmeraies disposent de débits suffisants, soit 200.000 l/m. : il reste donc 100.000 l/m. là où il faudrait 400.000 l/m.

Remèdes possibles

I. — *Découverte de nappes nouvelles.*

Comme ce n'était pas la première fois que la situation devenait critique et que, dans l'oued Rir', on avait à chaque fois découvert des nappes plus profondes qui avaient permis de rétablir la situation compromise, qu'en 1924 la grande nappe avait été découverte à Mraïer avec un débit record de 39.000 l/m, on espérait qu'il en serait encore de même. A Touggourt une prospection fut arrêtée à 400 mètres, puis reprise pour atteindre l'Albien, elle fut arrêtée à 900 mètres.

D'autres tentatives de moindre importance, dont une de 400 mètres à Tamellaht, eurent lieu sans mettre à jour de débit notable.

Enfin une recherche à Ouargla, en vue d'exploiter l'Albien,

atteignit en vain également 900 mètres, après avoir traversé plusieurs centaines de mètres de sel. Ce sondage permit cependant de découvrir des couches de sable aquifère de 213 à 237 mètres, puis de 251 à 267 mètres, sans que la pression des eaux rencontrées fût supérieure à celle de la nappe déjà connue.

Puisqu'il n'était pas possible d'obtenir de nouvelles ressources d'eau artésienne, il convenait de tirer parti des richesses aquifères disponibles. La première mesure à prendre consistait à économiser ce qui existait, la deuxième à avoir recours au pompage pour remédier au manque de pression des nappes.

II. — *Economies d'eau.*

Les déperditions d'eau se produisent essentiellement en deux points : dans les puits et dans les canalisations d'irrigation ou « seguias ».

1° Etanchéité des puits.

Les nappes ont été mutilées par des puits mal faits qui parfois se sont effondrés, mais qui toujours ont présenté des fuites. Dans l'oued Rir' 1.000 puits « français » ont été creusés et d'innombrables puits indigènes : le total des pertes est impossible à chiffrer. Ces pertes non seulement constituent un gaspillage, mais encore accentuent le jeu des répercussions : elles sont d'autant plus importantes et sensibles qu'une région est plus pauvre en eau.

Comment se rendre compte de ces fuites ? On peut tuber le puits de façon étanche, constater la différence des plans d'eau avant et après l'opération : en multipliant par la caractéristique, on a le débit perdu. On peut également faire des essais de pompage qui ne peuvent d'ailleurs renseigner que sur les volumes absorbés par la nappe phréatique : il en est de même de la méthode consistant à mesurer les niveaux d'eaux dans une série de petits sondages à la nappe phréatique, alignés avec le forage à étudier.

Pour faire saisir l'importance des fuites, nous citerons deux exemples. En Amérique, dans la Pecos Valley, une nappe avait initialement une hauteur piézométrique de 5 à 30 mètres : celle-ci avait baissé au point qu'il fallait recourir au pompage ; après réfection ou obturation des anciens ouvrages, la pression remonte de 9 mètres. Aux Ouled-Djellal, la quasi-totalité d'une petite nappe

se perd dans la nappe phréatique très basse constituée par le lit inférieur de l'oued Djedi.

Nous avons déjà vu quelles mesures sont adoptées pour réaliser une étanchéité suffisante des puits.

En outre, il est possible de réduire le débit d'un puits étanche et d'éviter ainsi que, par dépassement des concessions allouées, ne soit modifiée la répartition des eaux arrêtées, ou accélérée l'allure fixée pour le développement de l'exploitation d'une nappe.

Pour les nouveaux forages, des mesures d'ordre technique sont prises pour en assurer l'étanchéité.

Quant aux anciens puits, il est évidemment possible de les rendre étanches, mais il sera, sauf très rare exception, bien plus facile et moins onéreux de les boucher et de les remplacer par des sondages neufs.

Dans l'exemple de l'Amérique cité plus haut, 114 puits furent bouchés aux frais de l'Etat parce qu'ils avaient été abandonnés par leurs propriétaires, les 60 restants furent ou obturés ou réparés, de sorte que 32 forages seulement furent finalement exploités.

2° Utilisation de canalisations étanches.

On aura une idée des pertes dues au manque d'étanchéité des séguias, d'après les deux cas suivants :

Sur un parcours de 9 kilomètres, le débit des sources d'Oumache passe en été de 11.000 l/m. au point de départ, à 3.000 l/m. à l'entrée dans l'oasis du même nom : la perte est de 8.000 l/m.

Quand le débit d'un puits baisse, il n'arrive à irriguer que dans un rayon de plus en plus restreint : c'est donc que, dans une canalisation non étanche de longueur égale à ce rayon, la totalité du débit est absorbée par le sol.

On peut donc être un peu surpris que dans tout le Sud constantinois, à El-Goléa, à In-Salah les populations n'aient, par elles-mêmes, fait aucun effort pour éviter de telles pertes d'eau.

Par contre, dans le Mzab et dans le Touat-Gourara, les oasiens ont pris des dispositions à cet égard : dans le Mzab notamment, comme à Sedrata jadis, d'après la légende, aucune goutte d'eau ne se perd.

Il y a à ces anomalies diverses raisons. La principale, à notre sens, est la différence des efforts nécessaires, suivant les régions, pour obtenir l'eau d'irrigation. Au Mzab, où il faut puiser souvent

à plus de 40 mètres de profondeur, au Touat-Gourara où la confection de foggaras est chose très pénible, l'eau est précieuse : les canalisations seront tantôt en pierres réunies par de la chaux ou du timchent (sorte de plâtre à propriétés hydrauliques, tantôt en grès tendre dont les éléments auront été joints par de l'argile, tantôt en argile recouverte de cailloux pour empêcher son entraînement par le courant d'eau.

Dans les autres régions, l'eau des puits, qui ne coûte que le prix de l'ouvrage une fois donné, semble bien moins précieuse : son prix de revient est d'ailleurs bien moins élevé, de sorte que, comme des canalisations étanches sont onéreuses, il est plus économique d'exécuter des puits supplémentaires, quitte à perdre une partie de leur eau, plutôt que de construire des séguias coûteuses.

Il est d'autres motifs à cela : sans parler de l'insouciance et de la paresse d'une bonne part de la population, très souvent les matériaux nécessaires à la construction de canalisations étanches n'existent qu'à des distances assez grandes : tel est le cas de l'Oued Rir' où l'on ne trouve aucune pierre. Les principaux propriétaires s'arrangent pour avoir le puits dans leur jardin, pour de multiples raisons : ils se désintéressent donc de l'établissement de travaux qui ne leur serviraient pas. A Ouargla, la coutume veut que l'eau perdue par la séguia soit perçue comme droit de passage par le possesseur du fonds traversé, qui s'empresse, par suite, de planter des palmiers le long de cette séguia.

Enfin, le glissement des eaux dû aux répercussions que nous avons étudiées, entraîne un déplacement des oasis et, par suite, la perte du réseau de canalisations établies, généralement fixé au sol.

Dans les Ziban, où la nature du sol entraîne des pertes d'eau considérables, les planteurs, pour éviter que toute l'eau ne disparaisse soudain par quelque fissure du deb-deb, emploient des ouvriers qui, dans les saisons de forte irrigation, parcourent les séguias en recherchant les fuites qu'ils bouchent avec de l'argile. Il existe cependant de l'excellente pierre calcaire à proximité. Sans doute, la construction de canalisations étanches demanderait-elle entre indigènes une entente dont ils ne sont pas capables.

L'Administration a exécuté quelques importants travaux : canalisation des sources de M'lili, de l'Oued Kelbi, de Bir bou Soudane pour alimenter Sidi-Okba en eau pendant l'été. Une association syndicale autorisée a été créée à Tolga, qui groupe les usagers du puits principal : un réseau étendu de séguias étanches a été ainsi exécuté.

D'autre part, le calcul des débits concédés se fait en multipliant la superficie des palmeraies par le débit nécessaire à l'irrigation d'un hectare, ou coefficient d'irrigation; il a été prévu qu'on ne tiendrait pas compte dans le calcul, de la situation des jardins par rapport au puits. Dès lors, afin de disposer d'un volume d'eau suffisant, les planteurs doivent être amenés à construire des séguias étanches.

Enfin, les difficultés éprouvées pour obtenir de nouveaux puits augmentent la valeur de l'eau, puisque, dans l'équilibre qui s'établissait jadis en faveur de la création de nouveaux forages pour compenser les pertes des séguias, un des termes s'est modifié. Des propriétaires ont, en conséquence, commencé à édifier des canalisations imperméables.

Il existe malheureusement de sérieuses difficultés d'ordre technique pour construire de telles séguias avec les matériaux auxquels nous sommes habitués. Les eaux ont une teneur assez élevée en sels divers et les terrains sont saturés en chlorures et sulfates. Toute matière poreuse est détruite, non seulement par action chimique, mais surtout par action physique : les solutions salées envahissent les pores par capillarité, l'évaporation de l'eau y entraîne la cristallisation de sels laquelle fait éclater les pores : des briques au contact du sol finissent par se pulvériser.

Il s'agit donc de trouver des matériaux bon marché ne réagissant pas avec les sels, et non poreux.

Les tôles et ciments sembleraient ne pas devoir convenir très bien. Cependant les tôles convenablement entretenues ont été parfois utilisées et les ciments de certains types, convenablement mis en œuvre, se comportent très bien. Des essais systématiques ont été exécutés à cet égard par l'Administration.

A l'heure actuelle, les conduites en tôle ou en bois de cèdre ont été abandonnées en raison de leur prix, et la presque totalité des travaux se fait avec du ciment ou en canalisations d'éternit (ciment avec fibres d'amiante).

Les solutions présentes font, à notre avis, un appel trop important à des matériaux qui n'existent pas sur place, puisque même le sable utilisé avec les ciments doit être, en général, importé, celui du pays étant le plus souvent trop riche en gypse : or, les transports sont trop onéreux. Les prix élevés empêchent la généralisation des canalisations étanches. Il est donc indispensable de trouver une formule faisant appel presque exclusivement aux matériaux du pays.

Les tentatives faites jusqu'à présent n'ont pas procédé de recherches méthodiques. C'est ainsi que les canalisations en poterie n'ont pu être adoptées, parce que l'argile contient du gypse qui gonfle à la cuisson et change de volume en contact de l'eau. Il faudrait séparer le gypse par barbottage, employer des presses pour la confection des éléments de tuyauterie et vernisser ceux-ci.

La maçonnerie et surtout le béton de chaux grasse suivant la méthode romaine, donneraient sans doute en certains points de bons résultats.

Enfin, si l'argile ne peut être utilisée dans des séguias où l'eau ne séjourne pas, car elle se fend en séchant, il existe des dosages d'argile et de sable qui, tout en étant pratiquement imperméables, n'offrent pas cet inconvénient.

Ajoutons enfin, que l'existence de certaines plantes, surtout dans les Ziban, complique encore le problème, car elles arrivent à percer des revêtements durs d'une certaine épaisseur, que l'utilisation de canalisations étanches où la vitesse de l'eau peut être élevée, puisqu'il n'y a pas dangers d'érosion comme dans des séguias en terre, permet de réduire le parcours de l'eau et que l'emploi de canalisations entièrement fermées, évite des pertes par évaporation, maintient l'eau à température plus constante, empêche le développement d'algues et les dépôts de sable qu'il faut périodiquement curer.

3° Diminution des débits en hiver.

Pendant la saison des récoltes, les irrigations cessent complètement, elles sont ensuite très réduites pendant plusieurs mois et, naturellement, les besoins des palmiers suivent le cours des saisons. Le débit des puits artésiens est constant. Il paraîtrait donc logique d'ajuster les jaillissements aux nécessités. Nous avons déjà parlé de cette question au sujet des répercussions et montré qu'à cet égard le procédé était inadmissible.

Par contre, surtout si les puits étaient tous étanches, on pourrait obtenir un certain emmagasinement de l'eau dans la nappe et en permettre ainsi une meilleure utilisation.

En fait, nous croyons qu'à l'heure actuelle un tel procédé entraînerait un progrès certain dans la salubrité du pays, mais que les nappes ne sont pas assez « surexploitées » pour qu'on en puisse attendre un gain considérable. Si nous supposons — nous en par-

lerons au sujet du pompage — que l'on extraie un débit tel qu'aucune quantité d'eau ne fuie hors de la nappe, l'arrêt des pompages entraîne l'accumulation intégrale de ce qui n'a pas été pompé. Dans une nappe vierge, toute l'eau de la nappe s'échappe par des issues naturelles. Au fur et à mesure que l'on utilise davantage une couche aquifère, le bénéfice possible, en moyenne, par une limitation de l'exploitation en hiver est croissant.

Il n'en est pas moins certain qu'il est, à tous égards, intéressant d'obtenir des puits susceptibles d'être fermés, le gain obtenu ne pouvant être apprécié que de façon expérimentale. Le pompage ne s'effectuant pas, lorsque l'on n'a pas besoin d'irrigation, réalise automatiquement cette condition. Nous verrons que ce n'est pas l'un de ses moindres avantages.

L'économie de l'eau n'offre qu'un médiocre intérêt pour les oasis ne disposant plus que de jaillissements insignifiants. Seul le pompage peut leur rendre la prospérité; en raison de son importance nous lui consacrerons un chapitre spécial.

CHAPITRE V

—

LE POMPAGE

La culture du palmier, surtout avec les eaux généralement salées du Sud, exige des cubes d'eau énormes. Il faut une lame d'eau de 2 mètres pour qu'une oasis prospère. Aussi les indigènes, quand ils en ont eu le courage et la possibilité, ont-ils préféré exécuter de gigantesques travaux de terrassement pour abaisser le sol de leurs jardins au niveau de l'eau, plutôt que d'élever celle-ci de la hauteur nécessaire. C'est ainsi qu'à Ouargla une bonne partie de la palmeraie a été abaissée de plusieurs mètres. Cependant cet abaissement de la surface du sol est limité par des considérations d'ordres divers : voisinage d'une sebkha, nécessité d'assurer le drainage, nature du sous-sol, conservation des cultures, etc...

Il faut d'ailleurs reconnaître qu'eu égard aux moyens dont disposent les oasiens, l'élévation de l'eau offre de sérieuses difficultés. Nous ne parlerons pas de ces moyens dont on pourra lire la description dans de nombreux ouvrages.

Les procédés modernes dont nous disposons n'ont guère eu de succès, sauf la noria à traction animale qui a rencontré d'assez nombreux adeptes. Nous examinerons plus loin les raisons de cet échec.

Quoi qu'il en soit, nous rappellerons que pomper revient à abaisser la surface du sol jusqu'au niveau de pompage, que l'on peut ainsi compenser la baisse de la surface piézométrique dans l'oasis considérée et obtenir un gain de débit net par la baisse du plan d'exploitation de l'eau par rapport au niveau des fuites qui affectent la nappe. Tous les phénomènes de répercussion seront donc identiques à ce que nous avons déjà vu antérieurement, le

plan de référence n'étant plus le sol, mais le niveau adopté pour le pompage.

Diverses questions se posent au sujet de ce procédé mécanique de venir au secours des palmeraies dépérissantes. D'abord le pompage est-il payant ? Quels sont les procédés les plus avantageux ? Est-il possible d'obtenir grâce au pompage les quantités d'eau actuellement nécessaires ?

I. — Le pompage est-il économiquement possible ?

A priori, il est évident que, comme les frais d'élévation de l'eau augmentent avec la profondeur, il existe une hauteur de pompage au delà de laquelle les dépenses sont supérieures aux bénéfices possibles. Nous en avons un exemple à Ghardaïa où la culture du palmier constitue un acte de foi en même temps qu'une opération déficitaire.

En général, on admet que les charges d'irrigation admissibles sont de 25 % du revenu brut. Mais il est bien difficile d'estimer ce revenu quand il s'agit d'une culture aux résultats aussi variables que celle du palmier : tantôt il y a mévente, tantôt ce sont les sauterelles ou le boufaroua qui s'attaquent aux dattes, tantôt des pluies d'automne abîment les récoltes. Il est impossible d'établir un bilan dans ces conditions, et l'on est obligé de s'en remettre aux constatations d'ordre pratique. Or, c'est un fait, le pompage ne comptait guère de partisans. Cependant, comme le procédé constituait la dernière chance de salut pour de nombreuses palmeraies, il apparut indispensable d'étudier les motifs de cette désaffection.

C'est dans ces conditions qu'un puits fut creusé par l'Administration qui fit, en outre, fonctionner un an à ses frais une station de pompage. Les conclusions ne furent nullement pessimistes, aussi fut-il décidé, en profitant de l'expérience acquise, de faire une autre tentative, en un point qui paraissait spécialement déshérité : cet essai fut concluant.

Nous allons d'abord examiner les raisons qui empêchaient l'utilisation d'engins de pompage modernes, entraînés par des moteurs, puis les solutions trouvées.

1° *Obstacles à l'utilisation d'engins de pompage modernes.*

En général, les installations du Sud furent faites par des représentants de commerce et non par des techniciens : le plus souvent on se contenta de moto-pompes sur chariot, nullement adaptées aux conditions du pompage.

Le matériel était en outre de médiocre qualité, le choix des planteurs portant, faute d'autres références, sur les appareils les meilleur marché.

Aussi, aucune pompe ne correspondait-elle aux caractéristiques des puits, les moteurs étaient surpuissants, les tubes d'aspiration et de refoulement de diamètres trop faibles : quant au refoulement lui-même, au lieu de se faire au ras du sol, il se produisait à une hauteur assez grande en donnant un jet d'eau dont l'esthétique n'excusait pas la perte d'énergie entraînée.

Faute de soins élémentaires, d'entretien, d'abri contre le sable, de réparations convenables, de pièces de rechange, le rendement du moteur était déplorable, les pannes fréquentes : les arrêts se produisaient spécialement en été au moment où, les Européens ayant quitté le Sud, il y avait le moins de surveillance et le plus de difficultés pour effectuer les dépannages ; c'était d'ailleurs l'époque où les conditions de marche étaient les plus dures tant par suite de la chaleur que des durées de fonctionnement. Le palmier exige une rotation aussi régulière que possible des irrigations; aussi ces arrêts en pleine saison chaude étaient-ils extrêmement préjudiciables à la prospérité des plantations.

En résumé, tant pour la pompe que pour le moteur, les rendements étaient déplorables; en outre, l'engin était généralement en panne quand on en avait le plus besoin.

Du côté du puits la situation n'était pas plus brillante. Les alternatives de marche et d'arrêt dues au pompage accélèrent énormément l'allure normale de l'ensablement, et par suite modifient rapidement la caractéristique du forage, partant le débit. Ainsi, même si une pompe avait été parfaitement adaptée au sondage, une telle situation, condition indispensable d'un bon rendement, ne pouvait être que de courte durée.

Les entraînements de sable compromettent la solidité du puits et augmentent l'usure de la pompe.

Le manque d'étanchéité au niveau de la nappe phréatique est accru par suite de l'accroissement de corrosion des tôles des tubages alternativement immergées et exposées à l'air. Il en résulte des fuites accrues lors des arrêts de pompage, des entrées d'eau salée de la nappe phréatique qui peuvent aller jusqu'à l'épuisement des khandegs des environs lorsque la pompe marche : celles-ci causent une pollution des eaux pompées qui peut les rendre impropres à l'irrigation et, en tous cas, amoindrit leur qualité. Enfin, l'usure des tubages peut être telle que le puits s'effondre.

La conclusion de cet ensemble de circonstances défavorables a été tirée, mieux que nous ne saurions le faire, par un brave indigène lequel constatait, avec une philosophie quelque peu désenchantée, « qu'en pompant il échangeait de l'essence contre de l'eau ».

2° *Remèdes aux obstacles signalés.*

Le seul procédé pratique pour éviter des pannes intempestives, quelle que soit la saison, réside dans l'utilisation d'électro-pompes, les moteurs électriques n'étant en définitive que des noyaux de fer doux tournant sur deux paliers. L'entretien est extrêmement réduit et les ennuis mécaniques dus aux moteurs à combustion sont reportés à l'usine électrique, équipée pour les éviter. La construction d'une centrale et d'un réseau de distribution doit donc précéder toute généralisation du pompage.

Nous avons vu que des puits neufs à filtre de gravier ont toutes les qualités requises : étanchéité, stabilité du débit, eau sans sable. Enfin ces forages auront un diamètre correspondant à celui des engins qu'ont veut utiliser.

3° *Conditions supplémentaires nécessaires à la réalisation du pompage.*

Les anciens puits devront être bouchés, surtout si la nappe phréatique est très salée ou si l'on se trouve au voisinage d'une sebkha, car, par suite de la baisse des plans d'eau due au pompage, on doit craindre que les eaux salées ne s'introduisent dans la nappe exploitée par l'intermédiaire des vieux sondages.

D'autre part, les répercussions d'un pompage sont d'autant plus dangereuses que l'abaissement mécanique du sol auquel il équivaut se produit au cœur des autres puits, tandis que l'exécution

de forages en un point bas a lieu nécessairement à une certaine distance des forages influencés. Il est donc indispensable de réunir les propriétaires d'une oasis en un groupement, généralement une association syndicale autorisée. On évite ainsi la spoliation de certains planteurs indigènes ou européens, on fait obstacle à l'adoption de solutions sporadiques plus ou moins divergentes, on peut obtenir une certaine standardisation d'installations d'une technique correcte.

Grâce à ce groupement les questions de répartition de débit et des dépenses correspondantes se trouvent extrêmement simplifiées. Il semble d'ailleurs que, pour éviter toute complication de comptes, les propriétaires des puits doivent être amenés, s'ils sont peu nombreux, à avoir chacun un compteur électrique et une clef permettant de mettre en marche l'installation sur leur branchement particulier.

4° Comparaison des procédés de pompage possibles.

Quels que soient les avantages des puits à filtre de gravier, ils sont onéreux, aussi subsiste-t-il des partisans de l'exploitation des anciens puits. Examinons les arguments en présence.

En faveur de l'utilisation des forages existants, on peut invoquer :

a) La multiplicité des points de pompage qui permet d'obtenir l'eau d'irrigation avec une élévation moindre que dans le cas de puits neufs.

b) La répartition plus facile des débits, puisqu'il n'est pas nécessaire de modifier la pente des jardins.

c) Une moindre immobilisation de capitaux.

Dans le sens contraire, on peut ajouter aux éléments déjà vus : ensablement rapide, menaces d'effondrement, usure des pompes par le sable, impossibilité de conserver un bon rendement par suite des variations de caractéristique, pollution des eaux, les arguments suivants qui nous paraissent décisifs :

a') Les petites installations entraînent en réalité de nombreux frais supplémentaires : développement du réseau électrique, pertes de courant, multiplication des bâtiments servant d'abris, des tuyau-

teries, de l'appareillage électrique; enfin, plus la capacité des groupes moto-pompes diminue, plus leur rendement s'abaisse et plus le prix de premier établissement par litre-minute fourni s'élève.

b') L'amélioration de caractéristique d'un puits, grâce au massif de gravier, compense largement l'avantage que l'on pourrait retirer de la multiplication des points de pompage, en ce qui concerne la hauteur d'élévation de l'eau. Un forage ayant une caractéristique de 300 l/m. équivaut à cet égard à 4 sondages ayant une caractéristique de 75 l/m. Ainsi, un puits à filtre à gravier remplace un nombre de forages ordinaires égal au rapport des caractéristiques.

c') A mesure que le pompage s'étend, les répercussions se répandent et progressent. Or, s'il est relativement facile de modifier le réglage d'un petit nombre d'installations importantes, il n'est guère praticable, pour des questions de prix de revient et d'approvisionnement en matériel, de régler à nouveau de très nombreuses petites stations de pompage. Une telle mise au point est cependant indispensable à l'obtention d'un bon rendement. Cette remarque est encore plus importante, si l'on tient compte des variations de caractéristiques dues au puits lui-même, lesquelles s'ajoutent aux modifications de niveau imputables à la nappe.

d') Les anciens forages ont des diamètres assez faibles, de sorte qu'on ne peut utiliser que des pompes de surface dont l'aspiration est limitée à 7 mètres environ. Dans des puits neufs, on peut adopter un diamètre de tubage permettant l'utilisation de pompes verticales pouvant exploiter l'eau à une profondeur quelconque.

e') Il est très difficile de trouver des groupes moto-pompes de faible capacité, adaptés aux conditions de pompage pour l'irrigation, et ayant un rendement convenable.

f') L'expérience prouve que le débit donnant, dans les irrigations, un rendement optimum est de l'ordre de 2.000 l/m. De faibles débits unitaires entraînent une bien moins bonne utilisation de l'eau pompée.

g') On obtient de l'eau de meilleure qualité dans des puits neufs. On peut supprimer les fuites nuisibles, en bouchant les anciens puits inutilisés.

h') La construction de canalisations étanches, à laquelle seront contraints tous les propriétaires, en raison du prix de revient de l'eau pompée, est moins onéreuse pour des débits importants.

i') Même sans tenir compte des avantages de sécurité, de régularité, etc., que procure la création de forages neufs, cette solution est finalement moins onéreuse, si l'on tient seulement compte de la capitalisation des gains annuels que procurent la réduction des frais d'entretien et l'amélioration des rendements des engins mécaniques.

A notre avis, l'installation de pompes sur les anciens forages ne peut être qu'une solution momentanée qui doit être nécessairement remplacée tôt ou tard par la création de puits neufs, parce que telle est la solution la plus économique : il vaut donc mieux l'adopter immédiatement, s'il n'existe pas d'empêchements absolus.

A titre d'exemple, nous allons indiquer comment on peut déterminer le nombre de puits à exécuter dans une oasis de façon à obtenir une irrigation par pompage aussi bon marché que possible.

5° *Détermination du nombre de puits à créer dans une oasis.*

Les chiffres que nous allons indiquer se rapportent à une oasis existante, avec une valeur du franc prise en 1934.

La superficie des palmeraies est de 200 hectares, les puits à gravier ont une caractéristique supérieure à 300 l/m. (nous prendrons ce chiffre), leur prix de revient est de 200.000 francs, l'eau affleure le sol, la répercussion entre les puits est faible.

Pour irriguer correctement, il faut pomper 5.000 heures par an un débit de 10.000 l/m. (coefficient d'irrigation de 50 l/m. à l'hectare), à l'aide de n puits.

Si on amortit un puits neuf en 30 ans, au taux de 5,50 % la charge annuelle est de 11.000 francs, et pour toute l'oasis de $n \times 11.000$.

Comme 300 est la caractéristique des puits, les 10.000 l/m. nécessaires seront obtenus par une élévation totale de

$$\frac{10.000}{300} = 33,33 \text{ mètres.}$$

Dans chaque forage, la hauteur de pompage H inconnue sera donc:

$$H = \frac{33{,}33}{n}$$

Pour élever le débit de 10.000 l/m. d'une hauteur H pendant 5.000 heures, avec un rendement de 50 % des groupes électro-pompes, il faut.

$$10.000\ H \times 60 \times 0{,}272 \times 10 \times 5.000 \times 2 = 16.320\ H \text{ kw-heures.}$$

Si le kilowatt-heure revient à 1 franc, l'irrigation totale de l'oasis, amortissement des puits compris, revient à

$$11.000 \times n + 16.320\ H$$

$$\text{ou } 11.000 \times \frac{33{,}33}{H} + 16.320\ H$$

Or cette expression est minimum pour H = 4 m. 50, c'est-à-dire pour 7 puits.

En réalité, il convient d'ajouter à la somme de 11.000 francs, amortissement du puits, les frais d'entretien, d'électrification, etc.... qu'on pourrait estimer à 9.000 francs, de sorte qu'en définitive la profondeur de pompage optima s'établissait aux environs de 7 mètres avec exécution de 5 puits neufs.

La durée du pompage, comme le taux d'irrigation indiqués, sont des ordres de grandeur voisins de la réalité, mais qui varieront suivant la nature et la salure des terres, la salinité de l'eau, les espèces cultivées et toutes les autres conditions agricoles.

Naturellement le calcul ci-dessus est schématique, mais on pourra dans chaque cas particulier tenir compte de tous les éléments qui interviennent dans le prix de revient de l'eau, de façon à réaliser les conditions de pompage les plus économiques.

II. — Possibilité d'obtenir par pompage l'eau nécessaire aux irrigations

Nous avons vu que dans l'oued Rir' le déficit est de l'ordre de 400.000 l/m. dans une région où les ressources artésiennes s'élèvent à 100.000 l/m.

A Ouargla, la proportion est à peu près la même, environ 25.000 l/m. pour des besoins de 90.000 l/m.

Est-il possible de combler de tels déficits par pompage ? Sur quels éléments peut-on baser nos prévisions ?

Pour répondre à ces questions, nous allons retracer l'histoire du premier puits de pompage exécuté dans le Sud et montrer quelles conclusions on en a pu tirer.

1° *Renseignements que l'on peut obtenir de l'exécution d'un puits de pompage.*

Le puits en question fut creusé à Tamellaht à proximité d'un forage exécuté par Jus en 1861, avec un débit de 200 l/m. La région est considérée comme spécialement déshéritée. A l'emplacement choisi dominant un vaste secteur d'irrigation, la nappe exploitée par plus de 60 puits européens n'était plus jaillissante.

Après qu'on eût passé la couche sans importance alimentant les anciens puits arabes, la nappe fut atteinte à 56 mètres et traversée sur 30 mètres jusqu'à la rencontre des sables rouges réputés absorbants. Le puits fut tubé avec un tubage de 410 m/m intérieur et de 10 m/m d'épaisseur, cimenté pour en assurer l'étanchéité. Le captage fut réalisé sur toute la hauteur de la nappe, avec mise en place de 60 mètres cubes de gravier, ce qui correspond à un cylindre de 1 m. 60 de diamètre moyen.

Après deux jours de marche continue, le débit s'établit à 3.420 l/m. pour une dénivellation constante de 10 m. 60. En réduisant le pompage à 1.200 l/m., la caractéristique, pour tous les débits intermédiaires, reste constante, variant de 302 l/m. à 312 l/m., ce qui représente des modifications inférieures aux erreurs de jaugeage (3 % environ).

Pour les dénivellations de pompage comprises entre 0 et 4 mètres, on trouve des anomalies qui indiquent dans cette zone l'influence

croissante des fuites des anciens forages (caractéristiques élevées au début des périodes de pompage et réduites à la fin).

Si l'on examine les répercussions du pompage sur les forages existants, on constate que la zone d'influence est sensiblement une ellipse ayant un grand axe de 3.500 mètres et un petit axe de 1.500 mètres de longueur. La direction du grand axe donne celle de l'écoulement de la nappe ; les eaux viennent du Sud-Est ; la répercussion est plus accusée à l'aval, surtout au voisinage du puits de pompage.

En observant les baisses de niveau dans les anciens puits et en remplaçant les diminutions de débit par la chute de hauteur piézométrique correspondante, on peut tracer des courbes de niveau de la dépression que le pompage a créée dans la surface piézométrique.

Si nous connaissions le débit Q des fuites des anciens ouvrages situés dans l'aire d'influence, nous aurions comme débit de la nappe dans cette aire 3.420 + Q + 1.110 l/m., ce dernier chiffre étant celui des débits jaillissants. D'autre part la baisse de débit des anciens puits est de 627 l/m., le gain étant donc de 2.800 l/m. On a ainsi à Tamellaht la certitude, après un premier puits, de trouver l'eau nécessaire à toute l'oasis dont les besoins sont de quelque 10.000 l/m.

Si nous considérons que le petit axe de l'ellipse d'influence, normal à l'écoulement, doit correspondre au passage dans la nappe de la totalité du débit extrait, on constate que le débit par mètre de nappe est de

$$\frac{3.420 + Q + 1.110}{1.500} > 3 \text{ l/m.}$$

En admettant que les 30 mètres d'épaisseur de la nappe soient homogènes, ce qui est inexact d'après les observations que nous avons faites prouvant que les 10 mètres supérieurs, bien que riches en gravier sont nettement moins perméables, et que la porosité des sables est de 20 %, l'eau se déplacerait dans la nappe avec une vitesse apparente de 70 centimètres environ par jour, chiffre relativement considérable, eu égard à la faible pente de la surface piézométrique de la nappe qui est de l'ordre de 70 centimètres au kilomètre.

Par d'autres méthodes de calcul, reposant sur la recherche de

la perméabilité moyenne, eu égard à la forme de la dépression causée par le pompage, on trouve d'ailleurs des vitesses de circulation bien moindres, mais nous estimons la première méthode plus exacte.

Si on considère le volume de la dépression créée dans la surface piézométrique préexistante pour un débit complémentaire de 2.800 l/m., on constate qu'à un débit de 1 l/m., correspond une dépression de la surface d'un volume de 2.000 mètres cubes.

Grâce à ces diverses constatations, nous pouvons non seulement fixer les emplacements des puits pour que les répercussions prévues soient minima, mais encore tirer quelques conclusions sur les possibilités de production de la nappe exploitée.

2° *Débit naturel de la nappe.*

Si nous connaissions la section exacte de la nappe, du calcul de la vitesse de circulation nous pourrions déduire le débit qui y circule naturellement. Dépasser par pompage ou d'autres procédés d'exploitation le débit naturel revient à épuiser les réserves accumulées dans le sous-sol : en pareil cas les répercussions se propagent rapidement jusqu'à la zone libre de la nappe captive (zone d'alimentation), où le niveau de l'eau doit baisser pour satisfaire aux demandes accrues en aval.

Il ne peut être question de rechercher cette section de la nappe, car on serait amené à exécuter une série de sondages inutiles d'un prix très élevé.

Toutefois, nous savons par divers forages de prospection que son extension vers l'Ouest est très grande, vers l'Est elle est inconnue.

Quoi qu'il en soit, en admettant que la nappe soit homogène, il faudrait qu'elle s'étendît sur plus de 100 kilomètres de largeur pour donner les 400.000 l/m. nécessaires au pompage, et sur près de 200 kilomètres pour donner les 600.000 l/m. instantanés exigés par les palmeraies existantes de l'Oued Rir'.

Nous avons porté notre examen sur une nappe unique, alors qu'il en existe un faisceau ; il est toutefois peu probable, en raison de notre connaissance du sous-sol, qu'il circule à Tamellaht de gros débits en dehors de celle étudiée.

Ces chiffres prouvent bien que l'alimentation de l'Oued Rir' ne

se fait pas exclusivement par le Sud, et que l'eau de provenance méridionale n'en constitue sans doute qu'une assez faible partie.

Nous pouvons néanmoins espérer trouver l'eau nécessaire aux pompages pour divers motifs.

Dans la région de Tamerna, il y aura réaction sur les puits de la zone de Djamâa, ce qui sera une juste récupération. Jusqu'à Moggar la majeure partie de l'eau pompée proviendra d'une nappe distincte de celle employée à Touggourt.

Le pompage permettant une répartition des irrigations dans le temps suivant les besoins réels des plantations et réalisant une exploitation plus poussée des nappes, on peut admettre qu'une certaine part de l'eau qui n'a pas été puisée pendant l'hiver sera disponible en été. D'ailleurs, quand le débit extrait dépasse celui circulant naturellement dans la nappe, celle-ci fonctionne essentiellement comme réservoir.

Par abaissement du plan d'eau, les fuites sont réduites et le drainage étant plus facile, en mauvaise saison surtout, le dessalage des terres demande de moindres quantités d'eau, et les cultures sont plus prospères.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas certain que nous puissions trouver toute l'eau nécessaire pour l'irrigation parfaite des palmeraies de l'Oued Rir', lorsque le pompage sera généralisé. Au fur et à mesure des installations, il conviendra de suivre l'importance des répercussions dans des puits témoins judicieusement placés, de façon que nous soyons prévenus du moment où les quantités d'eau prélevées seront réellement supérieures à celles fournies à la nappe.

A Ouargla, la situation est différente, car les cultures s'étagent entre deux cotes voisines, les niveaux entre lesquels la nappe est jaillissante étant compris entre 120 et 122. La nappe étant très perméable on peut prévoir qu'au début du pompage les répercussions seront intenses et amèneront très rapidement l'arrêt de tout jaillissement. Par contre, dans la phase suivante, il est presque certain qu'avec des abaissements de niveau assez faibles, toute l'eau nécessaire pourra être obtenue sans difficulté.

Nous avons du reste à cet égard un indice, c'est l'étendue du chott et celle de la sebkha : l'estimation des évaporations d'eau correspondantes, en provenance de la nappe phréatique, alimentée par les fuites des puits, nous permet d'être optimistes.

Remarquons qu'une méthode analogue, basée sur le débit du canal de drainage central de l'Oued Rir', travail considérable de

96 kilomètres de long exécuté pour assainir la région, pourrait donner des renseignements sur le volume des eaux disponibles.

En résumé, si nous sommes certains de pouvoir obtenir les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation de toutes les palmeraies existantes, eu égard aux cubes d'eau énormes accumulés dans le sous-sol (un débit de 300.000 l/m. pendant 5.000 heures, correspond à l'eau contenue dans 15 kilomètres carrés de la nappe), il ne serait pas sage de prélever plus d'eau que n'en reçoit la nappe dans sa zone d'alimentation. Grâce à une observation soigneuse des variations de niveau dans des puits témoins, nous pouvons être avertis de la rupture de l'équilibre. Au fur et à mesure du progrès des installations, nous pourrons d'ailleurs recueillir des renseignements qui nous permettront de mieux connaître le sous-sol, ce qui est difficile actuellement en raison du petit nombre de puits susceptibles de fournir des indications certaines sur les points qui nous intéressent.

Pour terminer cette étude du pompage, il nous est apparu intéressant de donner une idée du prix de revient du pompage et de son extension.

III. — Prix de revient du pompage

Si l'on examine le bilan d'un syndicat de fonctionnement récent, la charge de 3 francs par palmier correspondant à une installation mixte d'un puits neuf et de six pompages d'anciens puits, permet d'équilibrer toutes les dépenses, y compris l'amortissement du forage récent à raison de 15.000 francs par an. Ce chiffre correspond à une plantation indigène de forte densité de plantation, environ 300 palmiers à l'hectare. La charge est donc d'environ 1.000 francs à l'hectare.

En prenant les chiffres en partie théoriques que nous avions précédemment établis pour une palmeraie de 200 hectares, avec établissement de cinq puits, nous avions trouvé une charge annuelle de 170.000 francs, qui est bien du même ordre de grandeur.

Il n'est pas douteux que cette charge ne soit aisément supportée par des palmiers qui avaient beaucoup souffert et commencent à peine à reprendre vigueur. D'ailleurs, à la somme de 1.000 francs par hectare consacrée aux irrigations, doit corres-

pondre un revenu brut supérieur à 4.000 francs à l'hectare, en admettant le pourcentage de 25 % comme dépenses admissibles d'irrigation; ce chiffre de 4.000 francs est certainement inférieur à la réalité.

Il est assez curieux du reste de constater que dans une oasis comme celle de Tamellaht il a été creusé, outre les puits arabes dont nous ne tiendrons pas compte, 60 puits d'une profondeur moyenne supérieure à 70 mètres, un forage de 200 mètres et un autre de 400, soit environ 5.000 mètres de sondage d'une valeur, en francs de 1934, de 5 millions, échelonnés sur 80 années. Pendant cette période, à aucun moment l'irrigation n'a été satisfaisante. Moyennant une dépense initiale de l'ordre d'un million et une charge annuelle, amortissement compris, de 200.000 francs, on peut assurer un parfait arrosage des palmeraies.

Or, en supposant les forages anciens également répartis sur 80 années et un amortissement en 30 ans, on trouve que la charge annuelle correspondante est de 104.000 francs, pour un débit égal à 20 % des besoins.

Il est donc certain que, compte tenu des augmentations de récolte et aussi de ce que les frais de culture et d'impôts ne sont pas proportionnels à celles-ci, le pompage dans ces conditions constitue une excellente affaire.

En outre, en réduisant l'importance de la nappe phréatique, le pompage facilite le drainage, et, par suite, les cultures ainsi que la salubrité des oasis.

IV. — Extension du pompage

Le réseau électrique de la région de Touggourt est encore très réduit, puisqu'il ne dépasse pas Tamellaht vers le Sud. Déjà 200.000 palmiers sont néanmoins irrigués par pompage, leur production est estimée à 40.000 quintaux de dattes d'une valeur de 24 millions environ. La consommation d'énergie en pleine irrigation est de l'ordre de 40.000 kilowatt-heures par mois.

Il n'est pas douteux qu'en période normale le pompage se serait rapidement accru, mais à l'heure actuelle, outre les difficultés de s'approvisionner en matériel, le manque de fuel-oil utilisé dans les moteurs de la centrale électrique risque d'entraîner l'arrêt de toutes les installations et de compromettre ainsi toute la récolte des palmiers irrigués par pompage.

CHAPITRE VI

PLANTATIONS SANS IRRIGATION SUPERFICIELLE

Dans certaines régions, le sol recèle à faible profondeur une nappe d'eau assez abondante pour que des palmiers qui y ont leurs racines arrivent à prospérer. Il est indispensable que la nappe ait un certain mouvement, le palmier ne pouvant vivre dans des eaux croupissantes.

Les plantations de palmiers dans ces conditions ont une importance économique notable.

Dans le Souf, les indigènes creusent un entonnoir dans les dunes de sable jusqu'à atteindre une nappe d'eau, « l'oued Souf », dont l'origine doit être sans doute attribuée aux pluies infiltrées dans l'erg. Pour éviter que le vent, en déplaçant le sable, ne comble les trous où sont placés les jardins, le Soufi est passé maître dans l'art de diriger les dunes. Malgré tout du sable arrive à se déposer au fond des entonnoirs où se blotissent les cultures, sable qu'il faut avec des couffins rejeter au loin. Les dattes du Souf ont une grande renommée : estimées les meilleures, elles sont aussi de bonne conservation, et cette réputation est due non seulement aux conditions locales, mais aussi aux soins des indigènes qui connaissent parfaitement la culture du palmier. Certains arbres donneraient jusqu'à 300 kilos de fruits par an.

L'habitant du Souf est nécessairement travailleur, âpre au gain; il arrive à entrer en concurrence, bien que moins doué pour le commerce, avec le Mozabite que la lutte pour l'eau a également formé à travailler beaucoup et à se contenter de peu.

Le Soufi est également très observateur, les moindres rides sur la surface des dunes lui indiquent les travaux à faire pour écarter le sable de son jardin. Doué d'une mémoire visuelle extraordi-

naire, il connaît les empreintes que laissent les habitants et les animaux de son village; certains indigènes sont arrivés à des résultats incroyables : à la suite d'un crime, il avait été reconnu que les empreintes laissées par le meurtrier sur le sable ne correspondaient à aucune de celles des gens du pays : un an et demi après, persuadé de son impunité, l'assassin repassa dans la même région, ses traces furent reconnues et il fut arrêté.

Des palmeraies, bien moins importantes, mais du même type existent près de Touggourt, à El-Hadjira et Taïbet-el-Guebbia.

Dans la partie des Ziban à l'ouest de Biskra, sur une longueur de près de 30 kilomètres, existe une zone dont nous avons déjà parlé, où des sources alimentent souterrainement une couche de sable. Les planteurs enlèvent sur une surface de 4 mètres carrés environ la croûte de deb-deb, due à la concentration par évaporation des sels de l'eau, jusqu'à atteindre le sable aquifère : cette couche de deb-deb a une épaisseur variable qui est en moyenne de 2 mètres. En général, pour faire le trou préliminaire, le propriétraire traite à forfait avec des indigènes.

L'expérience prouve cependant que le palmier ne pousse que très lentement si on ne lui fournit pas une certaine irrigation, qui, à notre avis, a pour effet de dissoudre la croûte de deb-deb qui tend à se reformer en étouffant le djebar, et non de fournir un appoint d'eau. Pour fournir cette irrigation complémentaire, diverses méthodes ont été employées car, en raison de la finesse des sables, l'exécution de puits ordinaires ne donne aucun résultat. Les uns ont creusé un trou supplémentaire par 4, 6 ou 8 palmiers et dans ce trou se rassemble lentement au-dessus du sable une couche d'une dizaine de centimètres d'eau qui est épuisée par des moyens de fortune, allant de la pompe à main jusqu'à la casserole, les autres ont créé de vastes bassins du même type que les trous dont il vient d'être question et d'où l'eau est élevée par motopompe, enfin un puits à filtre de gravier a pu être créé avec succès, le massif ayant absorbé 120 mètres cubes de gravier sur 16 mètres de hauteur : la caractéristique est de 110 l/m., l'eau absolument exempte de sable, le débit invariable.

Nous avons cité les palmiers djali ou bour qui, à Ouargla, sont alimentés par les fuites des anciens puits artésiens.

Il en existe à peu près partout où les nappes présentent des fuites naturelles ou artificielles : sur les emplacements d'anciens chriats ou behour, sur un plateau à l'est de Meggarine, dans

l'Oued Rir', le long du grand erg occidental à El-Goléa, dans les basses vallées de certains oueds, tel l'oued Itel entre Touggourt et Biskra.

Ces palmiers bour, correctement fumés, peuvent être d'un excellent rapport : ils offrent l'avantage d'utiliser des eaux qui, autrement, seraient perdues; ce sont des palmiers de récupération.

Il est difficile de donner un chiffre pour le nombre de palmiers qui puisent ainsi directement dans une nappe superficielle, l'eau qui leur est nécessaire : il ne doit néanmoins pas être très loin d'un demi-million, ce qui indique bien l'importance économique des palmeraies de ce type.

CHAPITRE VII

—

LES PUITS DU PAYS DU MOUTON ET DU SAHARA

Dans les vastes steppes qui constituent le royaume de l'élevage du mouton, le problème de l'eau se présente sous un jour très spécial.

Etant donné qu'un mouton parcourt en paissant environ 20 kilomètres par jour, qu'il a besoin journellement de 5 litres d'eau, il s'agit de créer dans toutes les zones de pâturages un quadrillage de points d'eau distants au plus de 20 kilomètres les uns des autres.

Le long des routes se dirigeant vers le Nord, les puits doivent être assez abondants en raison de l'importance des troupeaux qui utilisent ces voies, tandis qu'en général le problème qui se pose est une question bien plutôt de répartition que de quantité.

Pour satisfaire aux besoins de l'élevage on a fait appel aux eaux de ruissellement, sous forme de citernes ou de redirs, là où manquaient les eaux souterraines.

Mais dans l'immense majorité des cas, ce sont des puits à main exploitant la première nappe rencontrée qui assurent l'abreuvement des troupeaux. Ces puits à main atteignent parfois jusqu'à 100 mètres de profondeur, mais on admet, en général, que la limite pratique à ne pas dépasser est de 60 mètres, chiffre au delà duquel l'élévation de l'eau est trop pénible.

Il existe des milliers de puits exécutés par des indigènes. Un gros effort a été fait pour installer convenablement les plus importants d'entre eux et pour doter de points d'eau les régions déshéritées. Depuis 10 ans, 666 puits ont été aménagés, pourvus d'abreuvoir, etc..., et 133 puits nouveaux creusés et équipés. Ces puits sont visités à intervalles réguliers ; le travail de surveillance et d'en-

tretien, eu égard aux régions et aux distances qu'il faut parcourir, est considérable.

Cette question des points d'eau est, en général, absolument étrangère aux forages. Toutefois, en raison des difficultés rencontrées dans l'exécution des puits à main dans certaines régions et de la lenteur des travaux, il avait été prévu de faire prospecter par un appareil de sondage de type spécial, adapté aux prospections à entreprendre, diverses contrées des Hauts-Plateaux. Ce projet n'a pu être réalisé par suite des hostilités.

Pour être complet, ajoutons qu'en dehors du pays du mouton, les puits qui jalonnaient les pistes des caravanes dans le Sahara étaient en général le résultat d'une fondation pieuse, peu d'actions pouvant être plus agréables à Dieu.

Les pistes suivies par les automobiles s'écartent très notablement des anciennes pistes chamelières, afin de raccourcir les trajets. En raison du rayon d'action des voitures modernes et de leur capacité de transport, les nouvelles voies n'ont guère demandé d'aménagements hydrauliques. La piste qui va de Colomb-Béchar à Gao présente cependant un vaste parcours sans eau dans la traversée du Tanezrouft occidental : cette lacune était comblée par le point d'eau de Bidon V, constitué par des citernes dont l'eau était amenée de plusieurs centaines de kilomètres. Une étude géologique récente semble montrer que dans cette région existe un bassin, d'âge crétacé, qui, s'il est suffisamment alimenté, est susceptible de fournir des eaux artésiennes dans l'Albien. Ce bassin est entièrement distinct de celui que nous avons déjà étudié. Un forage va être entrepris incessamment à Bidon V, et il n'est pas impossible que, dans ce désert parmi le Désert, une petite palmeraie vienne offrir des ombrages... relativement frais, au voyageur accablé de chaleur et de fatigue.

DEUXIÈME PARTIE

LÉGISLATION DES EAUX SOUTERRAINES

I. — Origines de la législation des eaux souterraines en Algérie

Quelle que fût l'origine des eaux en Afrique du Nord, leur rareté en fit un objet de compétitions plus ou moins âpres, de sorte qu'aucune législation ne les pouvait ignorer.

En ce qui concerne les eaux souterraines, c'est l'existence des répercussions dues à des travaux neufs sur le débit des ouvrages préexistants qui a toujours motivé l'intervention de la puissance publique. Aussi les anciennes règles, quels que fussent les auteurs et les rites, avaient-elles pour but d'empêcher ces répercussions par un procédé pratique : l'interdiction d'exécuter un nouveau puits à une distance moindre que 40, 60, 300 et même 500 coudées d'une autre source ou puits suivant la destination ou le type des anciens et nouveaux ouvrages. D'ailleurs, cette distance limite pouvait être fixée par la coutume locale : telle était la solution, la plus sage, puisqu'elle s'adaptait aux circonstances particulières, adoptée par le rite Malékite observé par la majeure partie des populations. On y trouve également affirmé le principe général que nul ne peut effectuer de travaux qui nuisent à la quantité ou à la qualité des eaux déjà exploitées.

En résumé, les anciens auteurs musulmans avaient la conception très juste d'une surface de prohibition entourant toute issue offerte aux nappes souterraines, que celle-ci fût naturelle (source), ou artificielle (puits), le même mot « aïn » désignant l'une ou l'autre. Le rayon de protection prévu correspondait à ce que nous avons appelé le rayon d'influence du puits : il n'y avait pas distinction

entre l'amont et l'aval, et ce rayon fixé d'après les observations locales pouvait correspondre en chaque endroit aux caractéristiques de la nappe.

Ces idées étaient absolument saines et, reposant sur l'expérience, étaient infiniment plus satisfaisantes que les conceptions qui ont servi de base à la plupart des mesures législatives modernes.

La puissance publique ayant été, au moins théoriquement, détenue par le Beylik ottoman lors de l'occupation de l'Algérie, le rite hanéfite suivi par celui-ci offre un intérêt tout spécial puisque la France annexante s'est trouvée subrogée aux droits du Beylik. Cette règle de droit public a été, du reste, confirmée par l'article 4 de la loi du 16 juin 1851, disposant que « le domaine de l'Etat se compose des biens et des droits mobiliers et immobiliers du Beylik ».

En se référant au Code Civil ottoman, on constate que « les eaux qui coulent dans le sol ne sont la propriété de personne », et qu'elles rentrent dans les choses hors du commerce dont les simples particuliers ne peuvent se rendre entièrement et pleinement maîtres. D'autre part, il était dit que toutes les eaux sont la propriété de la communauté musulmane, conformément au hadit du Prophète : « Les hommes ont la propriété commune de trois choses : l'eau, le fourrage et le feu ». On trouve dans l'article 714 du Code Civil une formule analogue qui s'applique aux eaux souterraines, car elles sont de ces choses qui n'appartiennent à personne et dont l'usage est commun à tous, mais ne s'exerce que conformément à des lois de police.

II. — Etude de la loi du 16 juin 1851

Lorsqu'il s'agit de légiférer sur le domaine public en Algérie, M. H. Didier, rapporteur de la loi du 16 juin 1851, s'appuyant sur un avis de l'Intendant civil d'Alger, déclara à juste titre que la loi musulmane « a fait des eaux une dépendance forcée de la puissance publique ». En classant dans le domaine public les eaux non appropriées, la loi de 1851 ne faisait donc qu'appliquer une règle ancienne, découlant des exigences de la nature « la plus grave des autorités », car, « en Algérie, la vie autant que la fortune de tous, « sont intéressées au suprême degré à ce que les eaux ne puissent « jamais être détournées de la masse des propriétés communes ».

Aux craintes que manifestaient deux députés, prévoyant qu'une

mesure, « innovation dangereuse », classant les cours d'eau non navigables, ni flottables et les sources dans le domaine public en Algérie, ne constituât un précédent pour aboutir au même résultat dans la Métropole, le Général de Lamoricière répondait en précisant qu'en l'occurrence, il y avait « nécessité d'une législation toute spéciale sur les sources et les cours d'eau ». Un amendement en vue de réduire le domaine public aux rivières navigables et flottables fut d'ailleurs repoussé.

D'après le *Moniteur* du 17 juin 1851, M. Didier, en troisième lecture, disait : « J'ai eu l'honneur de déclarer à l'assemblée que, « tout en déclarant biens du domaine public les eaux en Algérie, « nous avons eu grand soin de maintenir d'une façon très nette et « très explicite les droits de propriété ou d'usage qui peuvent « appartenir à des particuliers sur les biens... L'article de la loi... « fait seulement ses réserves en ce qui touche les eaux qui ne « sont pas, à l'heure qu'il est, appropriées... Dans un pays comme « l'Algérie, où les eaux sont rares, dans un pays à peine peuplé « où il faut que la France se prépare à envoyer, d'année en année, « une population nouvelle qui peu à peu, puisse prendre posses- « sion du sol, il importe de réserver à l'Etat, sur les eaux qui ne « sont pas actuellement l'objet d'une propriété privée, un droit « assez absolu et assez nettement défini pour qu'il puisse en dis- « poser en faveur des colons nouveaux au fur et à mesure de leur « arrivée, servir également et successivement tous les intérêts « agricoles, et empêcher que la fécondité de la terre algérienne ne « devienne le monopole d'un petit nombre de propriétaires, au « grand préjudice de la France qui ne cesse de faire des sacrifices « pour la colonisation de l'Algérie et qui est en droit de vouloir « que la colonisation se fasse promptement et sûrement ».

Ainsi, les intentions du législateur étaient-elles très nettes : elles s'étaient exprimées dans l'article 2, alinéas 2 et 3 de la loi du 16 juin 1851, ainsi libellé :

« Le domaine public se compose,...

« 2° Des canaux d'irrigation, de navigation et de desséchement « exécutés par l'Etat et pour son compte, dans un but d'utilité « publique, et des dépendances de ces canaux, des aqueducs et « des puits à l'usage du public.

3° Des lacs salés et cours d'eau de toutes sortes et des sources.

« Néanmoins, sont reconnus et maintenus tels qu'ils existent, les « droits privés de propriété, d'usufruit ou d'usage légalement « acquis antérieurement à la promulgation de la présente loi sur « les lacs salés, les cours d'eau et les sources, et les tribunaux « ordinaires restent seuls jugent des contestations qui pourront « s'élever sur ces droits ».

Le sénatus consulte du 22 avril 1863, et le règlement d'administration publique correspondant du 28 mai 1863 n'ont en rien modifié la loi précitée, car ils précisent que sont réservés, le domaine public tel qu'il est défini par l'article 2 de la loi du 16 juin 1851, ainsi que le domaine de l'Etat.

Quant au décret impérial du 27 juillet 1870, qui ne pourrait modifier une loi, il se contente, dans son annexe n° 18, de répartir entre le domaine et les particuliers la propriété des eaux existantes au Sahara, laquelle était considérée comme richesse principale, indépendante de la terre, et pouvait être, à titre melk, vendue, louée ou constituée en habous.

L'Oued Rir' fut effectivement occupé en 1854; le premier puits français ayant été exécuté en 1856, les puits arabes ayant tous une durée éphémère et aucune des anciennes sources n'y coulant plus, il est hors de doute qu'il n'y peut exister d'eaux appropriées, puisqu'aucun des ouvrages fournissant actuellement de l'eau n'existait avant 1851. Les eaux de l'Oued Rir' et celles de tous les puits faisaient donc partie du domaine public tant que la loi de 1851 n'était pas abrogée : elles pouvaient faire l'objet de concessions conformément à l'article 3 de la loi de 1851. « L'exploitation et la « jouissance des eaux, lacs et sources pourront être concédées par « l'Etat, dans les cas, suivant les formes et aux conditions qui « seront déterminées par un règlement d'administration publique ».

Les textes, comme les intentions du législateur, sont donc parfaitement explicites : les eaux non appropriées, qu'elles soient superficielles ou autres, font partie du domaine public; or, pendant plus de soixante-dix ans, on a considéré que les eaux souterraines n'en faisaient pas partie.

Quels ont été les arguments invoqués pour soutenir une opinion aussi manifestement erronée ?

Le principal argument, que l'on retrouve chez la plupart des auteurs, est une affirmation, sans aucune démonstration.

M. Ricci, dans sa thèse de doctorat sur le régime des eaux en

Algérie (Paris, 1898, p. 16), assure qu'en examinant attentivement l'esprit de la loi de 1851 « on s'aperçoit que le législateur n'a « entendu placer dans le domaine public que les eaux venant « naturellement à la surface du sol ».

On trouve une affirmation analogue dans l'ouvrage de M. Pouyanne sur la *Propriété foncière en Algérie* (p. 715), et dans le *Traité de législation algérienne,* de M. Larcher (3e édition, t. III, p. 271), « on s'accorde à reconnaître que l'article 2 de la loi de « 1851 ne vise que les eaux venant naturellement à la surface « du sol ».

Dans le même sens, on peut citer : Dareste, Béquet et Simon, Picard.

Par contre, M. le Doyen Morand, dans une étude X de ses *Etudes de Droit Musulman Algérien,* parues en 1910, établit les bases juridiques sur lesquelles il estime possible de s'appuyer pour réglementer les eaux souterraines, et, parmi celles-ci, le caractère domanial qu'a certainement voulu leur donner la loi de 1851; les opinions exprimées eurent une influence décisive sur l'évolution de la législation des eaux souterraines en Algérie.

On a fait remarquer que l'occupation de l'Oued Rir' datant de 1854, le législateur ne pouvait viser les puits, ceux-ci n'ayant qu'une importance secondaire dans les territoires déjà occupés.

On a encore soutenu que la loi de 1851 n'avait voulu faire exception que sur les points précis indiqués dans le texte à la législation française : l'énumération de l'article 2 serait limitative.

Or, il n'est pas douteux que l'occupation de l'Oued Rir' postérieurement à la promulgation de la loi de 1851 ne pouvait avoir d'autre effet que d'étendre aux nouveaux territoires conquis l'application de mesures prises pour toute l'Algérie. La jurisprudence en a ainsi décidé, conformément aux principes en la matière (arrêts du conseil d'Etat du 15 juin 1925 : villes de Ghardaïa et autres, et du 30 juin 1926 : villes du Mzab).

Quant à l'énumération de la loi de 1851, elle est énonciative, la règle générale étant l'attribution des eaux au domaine public : elle ne pourrait être restrictive, que s'il y avait exception à un principe de non domanialité, comme dans la législation française dont on a voulu précisément écarter l'application en Algérie. Sauf dans les vieilles colonies, les eaux des territoires coloniaux, y compris les puits, ont toujours été classées dans le domaine public, et les droits d'occupation accordés sont précaires et révocables. (Goury du Roslan, *Législation et Finances Coloniales*).

Enfin, l'expression « sources » du texte discuté comprend les eaux venant naturellement et artificiellement à la surface du sol : un indigène ne s'y serait pas trompé, puisqu'il emploie le même mot « aïn » pour les unes et les autres.

Quant à la jurisprudence elle était, sauf exception, conforme à la doctrine généralement admise de la non domanialité des eaux souterraines. Cependant, en 1906, un arrêt de la Cour d'Appel d'Alger (*R. A.*, 1907, 2, p. 272), venait rompre agréablement l'uniformité des jugements antérieurs. « Si l'on parcourt les travaux « préparatoires de la loi de 1851, l'on ne voit nulle part qu'il a « été question de faire une telle distinction (entre eaux superfi- « cielles et souterraines)... que l'Etat a entendu devenir, pour les « raisons indiquées plus haut, propriétaire vis-à-vis de tous et de « toutes les eaux quelles qu'elles soient ».

En 1910, on retombe dans l'ornière (*R. A.*, 1910, 2, p. 330) ; la même cour spécifie « que les eaux souterraines n'ayant pas été attri- « buées au domaine public, une jurisprudence à peu près cons- « tante décide que la loi ne s'applique pas aux eaux qui n'arrivent « qu'artificiellement à la surface du sol ».

Par contre, la Cour de Cassation décidait, implicitement, dans une espèce concernant la commune de Rio Salado (Sirey, 1922, *Bulletin des sommaires*, p. 56), que la loi de 1851 avait bien classé les eaux souterraines dans le domaine public.

A côté des raisons d'ordre juridique, que nous avons vues, il en est d'autres d'ordre technique qui, chose curieuse, ne seront pas invoquées avant 1933. Elles sont basées sur le fait qu'il n'y a pas de différence de nature entre des eaux superficielles et des eaux souterraines : les deuxièmes proviennent nécessairement des premières. Si l'on suit un oued, selon la perméabilité des alluvions, l'eau change maintes fois de nature, coulant tantôt à l'air libre, tantôt dans le sous-sol ; l'exploitation des eaux souterraines réagit nécessairement sur les eaux superficielles : un puits creusé près de l'oued peut lui retirer suffisamment d'eau pour qu'il n'ait plus, sauf pendant les crues, aucun écoulement en surface.

A cela nous ajouterons qu'il est impossible que les eaux souterraines n'aient pas été classées par le législateur de 1851 dans le domaine public, eu égard au but de cette classification : il s'agissait de faciliter la colonisation, or, la presque totalité des eaux effectivement énumérées dans le texte de la loi était déjà appro-

priée. C'est seulement dans le sous-sol qu'il pouvait être possible de trouver des ressources importantes qui ne fussent pas encore utilisées.

Aussi estimons-nous qu'en assurant que les eaux souterraines n'étaient pas domaniales, les auteurs, entraînant l'Administration dans leur sillage, ont été fâcheusement influencés par l'attitude résolue de ceux que le rapporteur de la loi de 1851 visait déjà à l'époque, quand il déclarait que le but recherché était « d'empê- « cher que la fécondité de la terre algérienne ne devienne le mo- « nopole d'un petit nombre de propriétaires au grand préjudice de « la France... » Nous verrons quels obstacles a rencontrés l'Administration, lorsque mieux éclairée de ses devoirs, et peut-être plus indépendante, elle a voulu fixer à nouveau le véritable sens de la loi de 1851 en classant explicitement les eaux souterraines dans le domaine public.

III. — Tentatives en vue d'aboutir à une réglementation des forages dans l'Oued Rir'

Nous avons vu qu'en 1889, Jus avait poussé un premier cri d'alarme et espéré l'intervention rapide de mesures permettant de restreindre l'exécution de forages dans l'Oued Rir', région spécialement menacée par la multiplication des puits. Des propositions avaient été faites dans ce sens par le service des Mines du département de Constantine, alors compétent.

En pratique, comme tous les sondages étaient exécutés par l'Administration, de sérieuses restrictions avaient été apportées dans le creusement de forages neufs.

Sans que nous puissions préciser si l'initiative de Jus ait été à l'origine de l'établissement du texte, un projet de règlement d'administration publique fut soumis en 1896, en exécution des dispositions de l'article 3 de la loi de 1851, au Ministre des Travaux Publics. Il y était question de l'exploitation et de la jouissance des eaux classées dans le domaine public, mais aucune précision n'était apportée quant à ce classement : les nappes souterraines étaient ignorées. Le pouvoir central estima alors qu'il convenait d'attendre pour traiter des problèmes algériens, que fût mis au point le texte traitant du même sujet dans la métropole et qui aboutit à la loi du 8 avril 1898.

Après le vote de cette loi, on ne reprend pas l'étude du projet présenté par l'Algérie; par contre, un arrêté du Gouverneur Général, en date du 22 décembre 1899, précise que le droit d'utiliser les eaux du domaine public peut faire l'objet de concessions à titre précaire accordées par l'Administration.

Le 27 septembre 1901 était instituée une commission chargée d'un projet de réglementation concernant spécialement les forages artésiens. Le projet de décret élaboré par cette commission fut approuvé par le Conseil de Gouvernement, le 11 avril 1902, et soumis le 4 juillet 1902 au Ministre de l'Intérieur. Il y était tenu le plus grand compte des suggestions de Jus et de Rolland, Ingénieur en chef des Mines, et ses dispositions furent bien plus tard mises en grande partie en vigueur, dans des conditions que nous verrons, par une série d'arrêtés du Gouverneur Général. Le texte ainsi établi fut également enterré à Paris, pour des raisons indéterminées, qu'on suppose devoir être la création, en 1902, des Territoires du Sud, comme unité administrative indépendante de l'Algérie du Nord.

L'achèvement du chemin de fer Biskra-Touggourt en 1913, accroissant les facilités de transport, un essor nouveau en résulta pour les producteurs de dattes et, par suite, les puits se multiplièrent de plus belle.

On créa donc, en 1913, une nouvelle commission chargée d'étudier la réforme du régime des eaux en Algérie et de reprendre l'examen de la question des eaux souterraines.

La guerre survint sur ces entrefaites, et cependant c'est au cours des hostilités que furent prises les premières mesures d'ordre général limitant la liberté d'exécution des sondages.

IV. Mesures restreignant la liberté d'exécution des sondages sur des terres non francisées

Nous avons déjà fait allusion aux conclusions d'une étude de M. le Doyen Morand sur le régime juridique des eaux souterraines dans l'Oued Rir'. Une consultation qui lui fut demandée en 1913 ne fit que confirmer le point de vue déjà exposé dans ses études et que l'on peut résumer comme il suit : la loi de 1851 a bien voulu classer toutes les eaux, donc les eaux souterraines, dans le domaine public : toutefois, même si l'on n'admet pas cela, une réglementation est possible sur les terrains domaniaux, en

l'imposant comme condition de vente, et sur ceux appartenant à des indigènes, en vertu des lois musulmanes. Par contre, si l'on admet que la loi de 1851, comme il est certain, considère que toutes les eaux de l'Algérie sont domaniales, le Gouverneur Général, en l'absence de règlement d'administration publique, est habilité à régler par arrêté l'exploitation du domaine public, « puisque la loi « du 19 décembre 1900 a doté l'Algérie de la personnalité civile « et lui a donné l'exploitation et la jouissance du domaine algé- « rien de l'Etat Français ».

C'est en vertu du premier principe que furent adoptées, en 1915 et 1919, les mesures que nous allons voir, et du deuxième que fut pris un arrêté fondamental du 18 mars 1926.

1° *Statut spécial aux terres musulmanes.*

Le 9 juillet 1915, le Gouverneur Général, par une décision adressée au Commandant Militaire du territoire de Biskra-Touggourt, prescrivait, en lui ordonnant de donner aux mesures le plus de publicité possible, que dorénavant, en propriétés indigènes, aucun forage nouveau ne pourrait être pratiqué sans l'autorisation préalable du Chef de la Colonie : il était en effet présumé que tout sondage neuf pourrait porter atteinte aux puits préexistants, ce qui était contraire à la règle déjà vue du rite malékite. D'autre part, en ce qui concerne les terrains non appropriés, ou terres mortes, qui appartiennent par conséquent au domaine public, il était prévu que les demandes de vente de gré à gré de terrains domaniaux de l'Oued Rir' ne seraient accueillies que sous les conditions, pour les acquéreurs, de n'entreprendre aucun forage sans autorisation et de se conformer aux indications qui pourraient leur être données pour l'évacuation des eaux non utilisées. Il convient d'ajouter que l'Administration était assez peu logique avec elle-même, puisqu'elle ajoutait aux obligations précédentes, insérées dans les actes de cession, celle difficilement compatible de mettre en valeur en quatre ans les deux tiers de la superficie vendue, un tiers planté, un tiers défriché.

Les intéressés n'eurent aucun mal à tourner la première règle imposée : ils vendaient à l'entrepreneur de sondage une parcelle de terrain suffisante pour y placer le chantier de forage : la terre était, *ipso facto*, soumise au régime du droit français, puisque, d'après l'article 16 de la loi de 1851, « les transmissions de mu-

« sulman à musulman continueront à être régies par la loi musul-
« mane : entre les autres personnes elles le seront par le code
« civil ». Il est à remarquer que, par vente à un Européen, il n'y avait pas francisation des terres, « opération en vertu de laquelle « un immeuble algérien passe définitivement sous le régime du « droit français quel que soit son propriétaire ». Les terres du Sahara étant bien loin du Tell, champ d'application à l'époque de la loi de 1873 qui réglementait la francisation, étaient soumises au régime des statuts mixtes, c'est-à-dire qu'elle étaient régies par la loi musulmane ou la loi française suivant que leur propriétaire était ou non indigène.

Le procédé utilisé pour tourner la décision prise présentait de graves inconvénients, tant pour les indigènes qu'il livrait pieds et poings liés à un entrepreneur qui, s'il était peu scrupuleux, pouvait imposer à son gré des conditions léonines, que pour la collectivité, puisque les puits creusés dans ces conditions était effectués sans aucun contrôle.

D'autre part, rien ne justifiait sur le plan économique, une telle différence de traitement entre habitants du même pays, suivant les variations de leur statut personnel.

Pour éviter les abus constatés, on avait bien envisagé de décider que l'obligation imposée aux propriétaires de terrains melks d'obtenir une autorisation préalable pour forer un puits était une servitude : il s'en serait suivi que malgré la transmission de musulman à non musulman, cette servitude aurait pu subsister. Cette suggestion, qui soulevait maintes difficultés, ne fut pas retenue.

2° *Tentatives diverses de réglementation.*

Dès la guerre terminée, on se préoccupe de reprendre la rédaction du règlement d'administration publique toujours attendu depuis 1851, aucune tentative n'ayant abouti à percer les défenses passives des ministères. Le 21 décembre 1918, le Gouverneur Général expose au Ministre de l'Intérieur que les eaux souterraines ne font pas partie du domaine public, d'après la loi de 1851, puis demande le retour du projet de décret dont il l'avait saisi en 1902 et des pièces annexées en vue d'y apporter certaines modifications : celles-ci étaient indispensables par suite de changements survenus dans l'organisation de l'Administration et de la nécessité d'étendre à des oasis autres que celles de l'Oued Rir' (il

s'agissait d'Ouargla), l'application de mesures qui, en 1902, ne devaient s'appliquer qu'à la région de Touggourt.

En 1919, un nouveau projet de décret est établi, mais il apparaît alors qu'un décret ne suffira pas pour régler des questions touchant à des propriétés privées, cette constatation étant la conséquence logique de l'interprétation de la loi de 1851. Il n'y aura rien à signaler jusqu'en 1926 quant à la rédaction du texte de cette loi.

Par contre, la même année voit deux événements extrêmement importants, d'ordre pratique, pour l'exploitation des eaux souterraines : c'est d'une part, le 1er janvier la fondation d'une station hydrologique à Touggourt, d'autre part, la création des Commissions consultatives de forages par décision du 14 mars 1919.

Il était, en effet, indispensable d'être exactement fixé sur l'importance des ressources artésiennes, leurs fluctuations, les mesures pratiques à adopter dans leur exploitation, etc... Le chef de la Station hydrologique, M. Berland, non seulement remplit cette mission, mais fut à l'origine de nombre de mesures techniques, extrêmement heureuses, qui peu à peu furent adoptées à la demande des Commissions de forages.

3° *Commissions consultatives des Forages.*

La création de ces assemblées avait été envisagée dès 1889 par Jus, et la décision du 14 mars 1919 ne fit que mettre en vigueur des dispositions figurant dans le projet de décret de 1902. Elles comprenaient initialement, sous la présidence du Commandant Militaire du Territoire, quatre membres de l'Administration : le Chef du Service des Travaux Publics des Territoires du Sud, son adjoint pour les forages, le Chef de la Station Hydrologique et le Chef de l'annexe intéressée ainsi que quatre membres, deux européens et deux indigènes, représentants des usagers. En 1923 fut adjoint, à titre consultatif, un professeur de géologie de la Faculté des Sciences d'Alger. En 1929, ce professeur et un autre agent du service des forages eurent voix délibérative, tandis que deux sièges étaient en même temps créés pour des membres locaux.

Il n'est pas sans intérêt de citer quelques phrases de la décision créant ces organismes consultatifs qui doivent se réunir une fois l'an « pour examiner l'opportunité des puits projetés (fran-« çais ou indigènes), et fixer leurs emplacements en tenant compte

« des besoins réels d'irrigation et des conséquences à prévoir sur « les puits existants ». Elles devaient « interdire d'une manière « absolue l'exécution des nouveaux puits dans l'intérieur des oasis « du groupe central de l'Oued Rir', à moins que ce ne fût pour « remplacer des puits éteints ».

Quant aux motifs de la création des Commissions Consultatives, ils ne manquent pas d'un certain humour. « En attendant « qu'un texte spécial réglemente dans son ensemble en Algérie « et spécialement dans l'Oued Rir' la question des sondages artésiens, l'Administration n'est pas entièrement désarmée. Comme « il résulte que les inconvénients de la multiplication des puits « artésiens ne proviennent pas tant des lacunes de la législation « que de trop nombreuses autorisations de forages qui ont été données sur les propositions des autorités locales et vos avis per- « sonnels... Dans tous les cas où l'intervention de l'autorité administrative est obligatoire, l'autorisation sera seulement délivrée « après avis d'une Commission, etc... ».

Les assemblées consultatives manifestèrent une très grande vitalité. On peut dire que toutes les mesures et réformes importantes concernant la pratique de l'exploitation des eaux artésiennes sont issues des réunions où se confrontaient les divers points de vue de l'Administration, des usagers, et des techniciens.

Nous allons passer rapidement en revue les vœux principaux émis par ces commissions, dont les plus importants ont suivi, soit leur fondation, soit la nomination de M. Rème comme chef du Service des Travaux Publics.

A la séance inaugurale de 1919, le Chef de la Station Hydrologique, M. Berland, bien que nommé depuis peu, fit un exposé remarquable de la situation des diverses oasis et des causes de leur ruine. Le chef du Service des Travaux Publics passa en revue les vices les plus évidents des méthodes de forages employées et des procédés de répartition utilisés, envisageant la création de syndicats pour l'aménagement rationnel de l'irrigation dans chaque oasis, et même, dans un avenir plus lointain, l'exécution de puits d'Etat pour organiser et encourager la colonisation. Les vœux de la Commission indiquent bien l'esprit qui l'animait : elle souhaitait que les entreprises de sondages fussent soumises à un cahier des charges, comme les entrepreneurs de travaux publics, et qu'elles fussent surveillées par un service de contrôle technique et hydrologique; elle demandait que les services du Gouvernement Général

recherchent et puissent imposer les procédés d'exécution des forages artésiens les plus propres à assurer à ceux-ci l'existence la plus longue et le meilleur entretien.

A cette époque, ce qui était logique, les demandes de concessions devant entraîner l'exécution de puits étaient soumises aux Commissions de forages. En outre, de nombreux propriétaires européens, craignant que des mesures législatives, qu'on pensait devoir intervenir incessamment, ne fussent prises pendant qu'étaient effectués leurs sondages, ce qui les aurait mis en situation irrégulière, soumettaient à la Commission des demandes de puits qu'ils eussent pu effectuer sans autorisation.

En 1920 on relève des vœux en faveur d'une prospection plus étendue du sous-sol, et aussi que Français et Indigènes soient soumis au même régime, en ce qui concerne l'exécution des puits artésiens.

En 1921, le Chef de la Station Hydrologique demande que soit imposé l'emploi de tubes filetés étanches : cette suggestion n'est pas alors retenue, en raison des charges qu'elle entraîne, mais leur utilisation sera recommandée à partir de 1922 dans le texte des arrêtés de forages, qui imposaient depuis 1920 un minimum d'obligations d'ordre technique.

On peut noter d'autres vœux, au cours des années suivantes, concernant notamment : l'exécution du grand canal collecteur, et même l'institution d'une taxe spéciale pour en assurer le creusement rapide, l'obligation de boucher les anciens puits inutiles.

A partir de 1924 la Commission de forages de Touggourt affirme son intention de ne plus accorder dans l'Oued Rir' de nouveaux forages que dans les cas où la nécessité serait formellement reconnue de sauver des palmiers déjà plantés, de mettre en valeur des concessions déjà attribuées et en voie d'exploitation.

La même assemblée joua en 1925 et 1926 un rôle important dans l'affaire d'Ourir, dont nous reparlerons ultérieurement, laquelle aboutit à la prise d'un arrêté du Gouverneur Général du 18 mars 1926, imposant le régime de l'autorisation préalable aux terres non musulmanes et, par suite de recours contentieux devant le Conseil d'Etat, à l'interprétation de la loi de 1851.

On peut encore souligner divers vœux concernant les curages, tubages de puits arabes, etc., enfin toutes les questions d'ordre pratique concernant l'exploitation des eaux souterraines, ainsi que l'affirmation réitérée en 1927 du principe de ne donner d'avis

favorable qu'à l'exécution de puits destinés à sauver des palmiers réellement en péril.

A partir de 1928, par suite de l'intervention du nouveau Chef du Service des Travaux Publics, on peut noter un certain nombre de décisions extrêmement importantes homologuant des vœux des Commissions de Forages.

Ce sera d'abord, avant toute mise à exécution d'un travail, la nécessité de soumettre le contrat de forage, intervenu entre le permissionnaire et l'entrepreneur, au visa préalable du Gouverneur Général. Dans cette convention, devaient être indiquées les spécifications des tubages et les conditions d'exécution des travaux. Cette mesure était indispensable à un contrôle effectif.

La validité des arrêtés d'autorisation de forage sera réduite de 4 ans à 2 ans, pour empêcher que certains titulaires ne mettent obstacle au creusement de puits nécessaires. Le coefficient d'irrigation à adopter, suivant les oasis, fera l'objet d'études spéciales et, pour sa détermination, on ne tiendra pas compte de la distance séparant du puits les palmeraies à arroser pour obliger à la confection de séguias étanches.

Le débit des puits sera, autant que possible, limité en hiver.

Les ateliers de sondages de l'Administration ne feront pas concurrence à l'industrie privée.

La procédure suivie par les enquêtes concernant l'exécution de forages est modifiée de façon à la rendre publique.

Les emplacements des puits seront imposés par l'Administration.

Des agents seront mis à la disposition des Chefs d'annexe pour contrôler l'exécution des travaux.

Des plans d'exploitation des débits surabondants obtenus seront imposés et ces derniers seront limités aux chiffres désormais toujours indiqués par les arrêtés d'autorisation.

Les demandes de puits en vue d'irriguer des djebars plantés après le 14 mars 1927, sauf s'il s'agit de djebars de remplacement d'arbres morts, seront rejetées.

Les colonnes de jaillissement seront composées de tubes étanches, et à partir de 1931, cimentées sous pression.

On envisage une aide aux planteurs pour qui de telles mesures, eu égard aux faibles débits unitaires obtenus, constitueraient une charge trop lourde.

Cette énumération, dans l'ordre chronologique, ne donne qu'une idée des mesures principales adoptées sur la proposition des assemblées consultatives de forages. D'autres décisions ont été prises, émanant directement du Gouverneur Général lui-même. Nous les examinerons par la suite.

V. — Evolution de la législation de 1919 jusqu'à 1930

Il n'y avait aucune raison pour que les divers règlements ou projets de loi soumis périodiquement au Pouvoir Central aient, un jour, un aboutissement.

Les événements se chargèrent de modifier le cours habituel des choses.

En 1924 avait été obtenu à Mraïer un jaillissement de 39.000 l/m., qui constituait, sans doute, un record mondial. Les convoitises s'éveillèrent immédiatement et, en 1925, une Société manifesta l'intention de forer à une dizaine de kilomètres du puits phénomène, mais à un niveau encore plus bas de 10 mètres, un puits à la même nappe. Les esprits s'émurent et l'on entrevit la ruine du forage qui venait de sauver l'oasis de Mraïer à la suite de l'exécution de ce puits qu'on estimait pouvoir donner 50.000 l/m. En janvier 1926 les travaux commencent et le 18 mars 1926, pressé par la nécessité, le Gouverneur Général Viollette prend l'arrêté suivant, pour empêcher la catastrophe prévue :

« Le Gouverneur Général de l'Algérie,

« Vu l'article 2, parag. 3 de la loi du 16 juin 1851 sur la cons-
« titution de la propriété en Algérie ;

« Vu le décret du 23 août 1898 relatif aux attributions du Gou-
« verneur Général de l'Algérie,

Arrête :

« Article premier. — Dans les Territoires du Sud de l'Algérie,
« et par mesure de police et de sécurité publique, aucun forage
« susceptible de ruiner les propriétés voisines ne pourra être
« entrepris sans une autorisation du Gouverneur Général.

« Sera réputé susceptible de ruiner une propriété voisine, tout
« forage qui serait entrepris à moins de 30 kilomètres d'un autre
« forage.

« Article 2. — Lorsque l'autorisation d'entreprendre un forage « sera donnée, l'arrêté d'autorisation déterminera les conditions « d'exécution de ce travail de manière à sauvegarder les possi- « bilités d'existence des collectivités européennes ou indigènes « qu'il pourrait intéresser.

« Article 3. — Si un forage était entrepris sans autorisation, « le Commandant Militaire du Territoire, dès qu'il en serait « informé, ferait cesser les travaux en employant, au besoin, la « force publique; il rendrait compte immédiatement au Gouver- « neur Général des mesures qu'il aurait prises à cet effet.

« Article 4. — Le Secrétaire Général est chargé, etc..

Le 23 mars 1926, le Chef d'Annexe, accompagné de moghazenis, imposait par la force la cessation des travaux de forages, conformément au texte de l'arrêté; il était déplacé peu de temps après.

D'autre part, le 29 avril 1926, après examen par la Commission des forages d'une demande de puits présentée par la société intéressée, conformément à l'arrêté précité, le Gouverneur Général autorisait, par un nouvel arrêté, la continuation du sondage, sous réserve de l'application de mesures d'ordre technique, jugées propres à limiter le débit aux 6.000 l/m. accordés, mesures qui ne furent, du reste, que partiellement observées.

Le 19 mai 1926, sachant qu'interviendrait un recours pour excès de pouvoir devant le Conseil d'Etat, le Gouverneur Général rendait compte des mesures prises, et, pour éviter de graves ennuis dans l'exploitation des eaux souterraines, dans le cas où cette haute juridiction annulerait son arrêté du 18 mars 1926, soumettait au Ministre de l'Intérieur des projets de loi et de décret « sur la protection des eaux souterraines dans le Sahara Algérien », en demandant que le vote intervînt le plus rapidement possible.

Ainsi l'arrêté avait été pris, d'après ses visas, exactement selon les conclusions de M. le Doyen Morand, mais le projet de loi avait bien pour but, comme le dira plus tard M. Vallet aux Délégations Financières « beaucoup plus d'éviter les conséquences du conflit « porté devant le Conseil d'Etat, qu'à généraliser les mesures à « prendre sur les territoires de l'Algérie ».

La manœuvre était certainement habile, puisque le projet de loi ne concernait que les Territoires du Sud, et même, plus exactement, certaines circonscriptions du Sud où devait être consacrée

la domanialité des eaux souterraines. En conséquence, l'adoption de la loi aurait implicitement démontré qu'en dehors des circonscriptions désignées, les eaux du sous-sol ne seraient pas domaniales, ce qui ne pouvait que rencontrer l'adhésion des élus de l'Algérie du Nord, dont c'était le désir. Si cette distinction entre les Territoires du Nord et ceux du Sud connut par la suite le plus grand succès, puisqu'elle fut consacrée par les projets de loi et de décret ultérieurs et qu'elle permit d'obtenir une législation satisfaisante pour les eaux souterraines du Sud, il n'en fut pas ainsi de prime abord. En effet, le projet de loi fut effectivement déposé sur le bureau de la Chambre des Députés le 8 mars 1927, mais son rapporteur, M. Roux-Freissineng, député d'Oran, souligna que le texte établi se heurtait à une opposition due à l'attribution au domaine public des eaux du Sahara, ce qui ne pourrait que brider trop étroitement l'initiative privée et établir dans les Territoires du Sud, une législation du domaine public différente de celle en vigueur dans l'Algérie du Nord.

Ainsi, à aucun moment, les représentants des colons algériens, nous le constaterons encore mieux plus loin, n'ont accepté que fût admise, si peu que ce fût, la domanialité de toutes les eaux établie, cependant, en 1851 dans un but purement démocratique.

Le Gouverneur Général demanda le retrait du projet de loi et, pour traiter le problème d'un point de vue plus général, chargea, le 23 juillet 1928, une commission de législation des eaux de remanier les projets de loi et de décret précédemment établis.

Cette Commission se réunit le 15 mai 1929 pour la première fois et examina d'abord un projet de loi présenté par l'Administration, projet dont l'esprit sera suffisamment caractérisé par une phrase de l'exposé des motifs où il est question « d'édicter la doma- « nialité dans les zones du Nord et du Sud de l'Algérie où elle sera « jugée nécessaire ». Les représentants des Territoires du Sud, fidèles à la doctrine de M. le Doyen Morand, s'élevèrent du reste contre cette conception, estimant que les eaux souterraines étaient domaniales depuis 1851 ; ils n'acceptèrent le texte proposé que sous la réserve que la domanialité aurait pour point de départ le 1er mars 1926.

Les travaux de cette Commission furent très activement poussés, de sorte que le projet de loi put être soumis aux Délégations Financières lors de leur session extraordinaire de novembre 1929. Celles-ci, le 18 novembre 1929, après que M. Mercier eut « élo-

« quemment traduit l'émotion des agriculteurs algériens en pré-
« sence d'une menace permanente d'expropriation sur tous les
« territoires algériens et d'une dérogation nouvelle à apporter au
« Code Civil, qui veut que la propriété du sol emporte la propriété
« du dessus et du dessous », émirent, sur la proposition du rappor-
teur, M. Vallet, un avis nettement défavorable au projet de loi,
« en tant qu'il s'appliquait aux Territoires de l'Algérie du Nord » :
elles réservaient leur avis « en tant qu'il s'appliquerait aux Terri-
toires du Sud », et demandaient « à l'Administration de consulter
« sur le projet les chambres d'agriculture et les fédérations agri-
« coles des trois départements d'Algérie ».

On envisagea de modifier le projet de loi repoussé par les Assemblées Algériennes.

D'autre part, conformément au vœu exprimé, une partie de la Commission de législation des eaux se rendit dans le Sud pour recueillir les avis des populations intéressées. Les conclusions furent très intéressantes : on put constater que tous les propriétaires désiraient une réglementation, mais qu'ils étaient opposés à une domanialité dont ils comprenaient d'ailleurs fort mal les conséquences. A cette occasion, les enquêteurs estimèrent indispensable la constitution d'associations syndicales, représentant chaque oasis, et qui se chargeraient de la répartition des eaux.

M. Vallet, délégué financier, membre de la Commission, déposa des conclusions, dont l'une consistait à faire un essai pendant cinq ans d'une réglementation basée sur le « maintien » de la propriété privée et consacrant les points sur lesquels l'Administration et les usagers étaient d'accord.

Le syndicat agricole de l'Oued Rir' proposa une réglementation qui reproduisait presque rigoureusement les dispositions en vigueur, sauf en ce que les Commissions de forages, dont les membres seraient élus au lieu d'être nommés, auraient le pouvoir de décision : aucune base juridique n'était fixée.

Dans la région de Biskra, deux propriétaires se réservèrent de demander à un juriste de rédiger un projet de réglementation qu'ils soumettraient à l'Administration : M. le Professeur Jèze, consulté, établit avec une vigueur, jusque là jamais atteinte, le principe de la domanialité des eaux avec toutes ses conséquences.

Peut-être, conviendrait-il de citer la conclusion d'un colon, le Général Sarton du Jonchay, qui constata qu'en somme l'Administration n'invoquait la domanialité que pour rétrocéder tout aussi-

tôt ses droits aux usagers, que celle-ci ne devenait plus qu'un mot, une fiction juridique, et que, dans ces conditions, l'émotion soulevée lui paraissait excessive.

VI. — Arrêts du Conseil d'Etat du 21 mars 1930 et leurs conséquences

C'est sur ces entrefaites que le Conseil d'Etat, dans deux arrêts du 21 mars 1930, décida qu'en suspendant l'exécution des forages par son arrêté du 18 mars 1926, le Gouverneur Général n'avait fait que prendre une mesure de police et de sécurité n'excédant pas ses attributions; que, d'après les travaux préparatoires, la loi de 1851 avait bien entendu consacrer la domanialité des eaux souterraines et que le Gouverneur Général, en l'absence d'un règlement d'administration publique, pouvait valablement subordonner le forage de puits artésiens à une autorisation préalable.

Il était, dès lors, inutile d'établir un nouveau projet de loi, mais uniquement nécessaire de faire prendre un décret pour fixer les conditions d'application de la loi de 1851 dont le véritable sens avait été reconnu. Le texte de décret précédemment mis au point fut soumis aux Délégations Financières lors de leur session ordinaire de mai 1930.

Le rapporteur, M. Vallet, étudia d'abord dans son rapport les propositions de l'Administration, lesquelles comportaient essentiellement la libre jouissance des eaux non jaillissantes uniquement pour les usages domestiques, l'indication des formalités nécessaires à l'obtention d'une concession de durée maximum de 75 ans, le droit de déclarer la déchéance de la concession, à tous moments, pour travaux effectués sans autorisation et, pendant deux ans, dans l'intérêt des droits acquis; enfin un délai de deux années était imparti aux usagers pour régulariser les situations acquises de bonne foi.

M. Vallet remarqua ensuite qu'il y avait accord avec l'Administration « pour respecter les droits acquis à ce jour, pour les « usagers quels qu'ils soient ». Il ajouta que les arrêts du Conseil d'Etat n'avaient pas de portée générale et qu'ils avaient été inspirés par les besoins de certaines régions de l'Algérie, « alors que « le texte proposé leur donnait une généralité susceptible de pro- « voquer une perturbation grave dans l'ordre de choses établi en

« Algérie depuis 80 ans et de compromettre l'essor agricole de la « colonie ».

Ses contre-propositions consistaient en la détermination, après enquête, de périmètres à l'intérieur desquels interviendrait une réglementation, si des difficultés s'étaient produites en ce qui concerne l'usage des eaux. Dans ces périmètres des concessions seraient accordées sans limitation de durée, et, en cas d'impossibilité, pour 99 ans avec tacite reconduction; un préavis de 15 ans était nécessaire s'il surgissait des difficultés de renouvellement. Enfin, s'il y avait retrait des droits d'usage pendant le délai de deux ans après récolement des travaux, une indemnité compensatrice serait allouée.

Le vœu était émis, qu'un texte fût établi sur ces bases en accord avec l'Administration.

Que valaient les contre-propositions du rapporteur ? Elles négligeaient le principe qu'une loi était indispensable pour enlever aux eaux le caractère domanial qui découlait de la loi de 1851 : un règlement d'administration publique n'avait pas ce pouvoir, il fallait l'intervention du Parlement. En outre, le domaine public étant imprescriptible et inaliénable, tous les droits constitués sur toutes les eaux de l'Algérie, du Nord comme du Sud, par un règlement d'administration publique restaient précaires, car ce qu'avait fait ce règlement, un autre pouvait le défaire et dénier, à un moment quelconque, les « droits acquis » des usagers, puisqu'il ne peut y avoir de droit acquis sur une dépendance du domaine public. Comme le faisait remarquer M. le Professeur Jèze, l'absence de réglementation, réclamée par les Assemblées algériennes dans toute l'Algérie du Nord, à l'exception de certains périmètres, constituait un grave danger pour les usagers, puisqu'à un moment quelconque le Gouverneur Général aurait pu, comme il l'avait fait pour le Sud en 1926, par simple arrêté prendre toutes les mesures qui lui paraîtraient nécessaires dans l'intérêt général.

La Commission de législation procéda à la mise au point du décret demandé, et cela, non sans incidents, puisque M. Vallet, ne pouvant admettre les conséquences de la domanialité imposée par la loi, se retira et fut remplacé par M. Mercier. Le projet établi consacrait le maintien des situations acquises de bonne foi, assurait le libre usage sans formalité préalable de l'eau du sous-sol, sauf dans des périmètres fixés après enquête, où, par suite de l'insuffisance des eaux, une réglementation serait nécessaire. Les

mesures restreignant la liberté d'user des eaux souterraines ne pourraient avoir, en aucun cas, leur point de départ avant l'enquête prévue, sauf dans le Sud où resterait en vigueur l'arrêté du 18 mars 1926, jusqu'à publication du décret fixant les périmètres qui y seraient établis. A l'intérieur des périmètres, l'usage des eaux non artésiennes pour les besoins domestiques restait seul libre; pour les eaux n'entrant pas dans cette catégorie, il y avait lieu à délivrance d'une concession gratuite de 75 ans, avec tacite reconduction, sauf préavis de 15 ans. L'arrêté correspondant devait fixer le débit maximum dont le concessionnaire pourrait avoir la jouissance : les formalités précédant la prise de l'arrêté (enquête, avis d'une commission consultative), étaient celles adoptées déjà depuis longtemps dans les Territoires du Sud.

Ce projet de décret fut soumis au Pouvoir central le 25 août 1931. Le Ministre répondit, le 4 décembre 1931, qu'il lui paraissait difficile de légiférer alors qu'une proposition de loi sur les mêmes questions était pendante et il demandait l'avis de l'Administration algérienne sur le texte de cette proposition.

VII. — Elaboration de la loi du 19 août 1933 Etude de cette loi

En effet, le 18 novembre 1930, M. Roux-Freissineng avait déposé une proposition de loi « complétant » la loi de 1851 par la disposition que « les eaux souterraines amenées à la surface du sol par le fait de l'homme appartenaient à l'auteur des travaux ». Quant aux régions Sahariennes, une réglementation « pourrait y « être instituée, par décret spécial, pour une zone strictement « déterminée ne dépassant pas l'étendue d'une oasis, de ses dépen- « dances immédiates et de son bassin d'alimentation, en vue d'em- « pêcher ces travaux de porter atteinte au débit des sources ou « puits existants ».

Quels étaient les arguments du député d'Oran ?

— D'abord, le Conseil d'Etat s'est trompé sur le sens réel de la loi de 1851.

Il y a dans cette affirmation un grave empiètement du pouvoir législatif sur le domaine du pouvoir judiciaire : le Parlement peut modifier une loi, il ne lui appartient pas de dire qu'une juridiction a mal jugé : les nouvelles mesures législatives ne pouvaient

donc rétroagir jusqu'en 1851, comme l'aurait voulu M. Roux-Freissineng.

— Ensuite, la jurisprudence instituée par le Conseil d'Etat remet en discussion la validité de tous les travaux de captage antérieurs et paralysera toute initiative.

Comme le faisait remarquer l'Administration, de telles conséquences découlent non de la domanialité elle-même mais d'une domanialité mal gérée.

— A la base de toutes les argumentations se trouve la vieille idée que la propriété du sol entraîne aussi celle du sous-sol, or l'eau est dans le sous-sol, elle n'en fait pas partie intégrante, elle est mouvante et provient de régions très éloignées des limites de la propriété où on l'exploite : on ne peut l'appréhender et le propriétaire exploitant les quantités d'eau limitées à celles se trouvant au-dessous de sa terre en serait vite dépourvu. Il n'est donc pas douteux que la domanialité des eaux souterraines ne soit dans la nature des choses, au même titre que celle des eaux superficielles.

A la proposition de loi, on pouvait d'ailleurs faire de graves objections.

— Dans le Nord, il fallait attendre que la situation fût compromise pour que pût être institué un périmètre. L'expérience de l'oued Rir' aurait dû inciter à plus de prudence et montrer qu'il vaut mieux prévenir que guérir. Les ouvrages mal faits causent de graves dommages à la conservation des eaux souterraines, partant à la collectivité, et il eût été important de les éviter.

La multiplication des forages, conséquence de la liberté, constitue une menace bien plus grave pour les propriétaires qu'une action administrative quelconque : elle dépossède à coup sûr. La crainte de perdre rapidement le fruit de ses recherches constitue un sentiment nullement propre à éveiller les initiatives.

— Entre la promulgation de la loi et la prise des mesures réglementaires s'écoulera un délai que l'expérience a démontré être toujours très long et pendant lequel la situation de diverses oasis, déjà compromise, serait définitivement perdue, si la liberté de forer à sa guise était rétablie dans le Sud.

Enfin, l'institution de périmètres distincts pour « chaque oasis,

« ses dépendances immédiates et son bassin d'alimentation » dénote une parfaite méconnaissance des conditions hydrologiques des territoires sur lesquels on prétend légiférer : les oasis d'une même région ont vraisemblablement des bassins d'alimentation communs et l'on se heurte à l'impossibilité actuelle de les déterminer même approximativement : il est parfaitement possible de soutenir que le bassin d'alimentation de l'Oued Rir' est la moitié du Sahara, et que celui des Ziban comprend l'Aurès et de vastes étendues de l'Algérie du Nord.

Telle qu'elle était proposée, la loi fut votée sans discussion par la Chambre des Députés.

Au Sénat, où le rapporteur était M. Viollette qui connaissait la question puisqu'il était l'auteur de l'arrêté du 18 mars 1926 et qui, d'ailleurs, s'était spécialement documenté, on pouvait espérer une mise au point sérieuse de la loi. Aussi éprouve-t-on quelque désillusion sur la logique parlementaire, en lisant les débats de la séance du Sénat du 9 juin 1933 consacrés à la discussion de la proposition de loi. M. Viollette présenta un contre-projet au nom de la commission sénatoriale chargée d'étudier la question : d'après ce contre-projet, seules les eaux jaillissantes faisaient partie du domaine public, chose d'autant plus incompréhensible que, dans son rapport, M. Viollette établissait d'excellente façon la nécessité de conserver dans le domaine public la totalité des eaux de l'Afrique du Nord, montrant que telle était la solution au Maroc (dahir du 1er juillet 1914 complété par celui du 8 novembre 1919, dahir des 1er août 1925 et 2 juillet 1932, qui sera simplifié le 18 septembre 1933). Le rapporteur eût pu ajouter qu'il en était de même en Tunisie (décrets beylicaux des 24 septembre 1885, 25 mai 1920 et 4 décembre 1931), ainsi qu'en Syrie.

M. Viollette ajoutait : « M. le Ministre de l'Intérieur a trans-« mis à la commission un avis du Gouverneur Général de l'Algé-« rie, demandant que, même pour les eaux qui ne sont pas des « eaux artésiennes, des réglementations administratives puissent « intervenir. Sur ce point, la Commission n'insistera pas, le cas « échéant, mais le principe de la domanialité doit subsister », déclaration dont les diverses parties sont remarquablement contradictoires. Il ajoutait enfin que la liberté « risquait de porter une « atteinte mortelle à tous ceux qui ont des droits acquis », et concluait en constatant que le bassin d'alimentation des nappes artésiennes était encore inconnu.

M. Duroux n'eut aucune peine à établir l'incohérence du régime prévu, et déclara, incidemment, « que la décision ne devait être « prise qu'après un rapport des techniciens », ce qui n'empêcha nullement de légiférer sans procéder à aucune consultation de ce genre.

Finalement un texte fut voté où, pour l'Algérie du Nord, était conservé l'article 1 du projet de loi Roux-Fressineng, avec la seule adjonction de la réserve des droits des tiers, l'article 2 innovait pour le Sud le régime prôné par M. Viollette.

« Article 2. — Dans les Territoires du Sud, les eaux souter-« raines jaillissantes qui sont amenées à la surface par leur seule « force ascensionnelle et indépendamment de tout moyen mécani-« que, continuent à faire partie du domaine public.

« Elles ne peuvent faire l'objet de propriété privée que dans la « mesure précisée par l'arrêté du Gouverneur Général qui auto-« risera le forage et qui déterminera le diamètre ainsi que la hau-« teur, toujours provisoire, de la colonne de jaillissement en tenant « compte des besoins que ce puits doit desservir. L'arrêté préci-« sera en même temps les conditions d'évacuation des eaux inu-« tilisées ».

Le texte devint définitif après vote, sans discussion, par la Chambre des Députés, dont l'indifférence continuait à se manifester avec une belle constance, dans une séance du 6 juillet 1933 : la promulgation eut lieu le 19 août 1933.

Ainsi était obtenu le résultat désiré par les représentants de l'Algérie du Nord : c'était la liberté complète, présent sans doute funeste, mais qui effectivement ne faisait qu'entériner un état de fait.

Pour le Sud, l'incohérence était complète.

Les inconvénients, pour l'auteur des travaux, d'une domanialité incertaine, variant suivant les conditions de l'artésianisme, c'est-à-dire suivant la topographie, avaient, du reste, été déjà invoqués au Sénat. Dans une région, les eaux de certaines nappes feront ou non partie du domaine public, il en sera différemment dans la zone voisine : la domanialité est une question de pression. Si un puits est mal fait et présente des fuites qui empêchent l'eau de jaillir, l'eau sera la propriété du planteur qui sera libre de l'exploiter comme il lui plaira : le recépage du même sondage, pratique constante consistant à abaisser l'orifice d'écoulement au-dessous de la surface du sol de façon à permettre l'irrigation de palmeraies

situées à une cote inférieure, change la nature de l'exploitation. L'installation d'une pompe sur un puits jaillissant amène la création d'un régime mixte.

Comme les répercussions, dans une oasis, dépendent des débits mis à jour, il était illogique de permettre à l'Administration de réglementer l'exécution de puits jaillissants supplémentaires, alors que l'installation d'une station de pompage à grande puissance était entièrement libre, bien qu'elle dût influencer de façon considérable les puits environnants.

Sans doute, y avait-il la réserve des droits des tiers, spécifiée explicitement dans le texte, encore qu'elle résultât de principes généraux. Mais nous avons vu que les répercussions des puits étaient réciproques, que tout nouveau forage exerce des influences difficiles à préciser. S'il n'y a pas eu dans le Sud d'actions judiciaires à ce sujet, c'est que la constatation en est difficile en général. De plus, ces répercussions sont chose très ancienne, à laquelle tous sont habitués et, enfin, chacun sachant que l'eau de son puits provient particllement des forages voisins, peut difficilement se plaindre des baisses de débit qu'entraîne, sur les jaillissements préexistants, l'exécution d'un sondage auquel, le plus souvent, il participe.

Dans le cas où l'eau non jaillissante serait propriété privée, et dans l'éventualité d'un procès, on peut se demander si, malgré toutes ses réserves, l'Administration ne pourrait pas être mise en cause pour avoir autorisé un puits jaillissant qui a réagi sur un forage où l'on pompe, en abaissant le niveau de pompage.

D'ailleurs les détenteurs de puits artésiens étaient bien maltraités par la loi : la hauteur de la colonne de jaillissement, symbole de la limitation des débits, était toujours provisoire : aucune sécurité n'était possible pour les planteurs. Signalons que la réduction des jaillissements peut s'obtenir par des procédés autres que l'élévation de la colonne du forage, méthode qui eût amené à Ourir la mise en place d'un tubage se dressant à 40 mètres au-dessus du sol.

Nous n'insisterons pas davantage sur cette loi, appelée à n'avoir qu'une durée éphémère.

VIII. Modifications envisagées au texte de la loi de 1933

Devant une loi aussi grosse de dangers, l'Administration ne pouvait rester passive et prépara un contre-projet dont l'exposé des motifs est absolument remarquable, car, pour la première fois, il y est fait une part suffisante aux progrès de la technique, en même temps qu'on s'y préoccupe d'établir un édifice juridiquement satisfaisant tenant compte des désirs des usagers. Nous regrettons de ne le pouvoir citer entièrement.

« Si ce démembrement (de la loi du 19 août 1933) du domaine « public a pour objet de favoriser l'initiative individuelle en auto- « risant une fois pour toutes l'exploitation sans contrôle des eaux « souterraines, le but n'est pas atteint... la condition essentielle du « développement des initiatives individuelles pour l'utilisation de « l'eau est la sécurité. Or, on ne peut avoir la sécurité que dans « l'ordre, que n'assure pas la liberté absolue. La loi est très insuf- « fisante en ce qui concerne les eaux dans les Territoires du Sud.., « elle paraît avoir classé les nappes en deux catégories distinctes : « les jaillissantes et les non jaillissantes, ce qui prouverait son « insuffisance du point de vue technique, à moins qu'elle n'ait « voulu dire que toutes les nappes captives des Territoires du Sud « sont jaillissantes, ce qui est une contre-vérité ».

Après avoir rappelé qu'en Tunisie, au Maroc, en Syrie, les eaux sont domaniales, on note que la loi de 1933 répond à un désir confus des propriétaires du sol à un régime très libéral. L'Administration s'attache dans le projet de loi à satisfaire ce besoin de sécurité, de simplification et d'ordre.

Or, pour cela, la domanialité, même si elle n'existait pas, serait nécessaire. « Les progrès énormes de la technique du pompage, « le développement de la puissance et de la portée des installations « mécaniques, l'abaissement considérable du prix de revient de « l'énergie, ont rendu impérieuse la nécessité de l'intervention de « l'Etat dans la réglementation des eaux souterraines. Un régime « de liberté complète peut avoir d'ailleurs des répercussions immé- « diates ou lointaines sur le régime des eaux de surface, puisque « les eaux des cours d'eau et des sources pourraient être détruites « par des pompages en dehors des limites territoriales du domaine « public... La conception d'un tel régime ne serait défendable que

« si les nappes souterraines étaient pratiquement inépuisables et « indépendantes des eaux de surface. De nombreux faits s'inscri- « vent contre la première hypothèse, ...quant à l'inséparabilité des « eaux souterraines et superficielles elle est dans la nature des « choses ».

C'est pourquoi la loi réglemente d'abord les eaux superficielles. Celles-ci font déjà partie du domaine public et exigent toujours des ouvrages de prise et de dérivation exécutés sur ce domaine. Il n'y a pas « concession » ce qui impliquerait une durée limitée, des obligations comprenant la construction d'ouvrages qui reviendraient finalement à l'Etat : en effet, celui-ci n'a aucun intérêt à cela, car l'eau et le sol forment un ensemble et la plus grande partie des dépenses pour l'utilisation de l'eau sont constituées par la préparation des terres. Il y a autorisation non précaire, mais révocable avec indemnité.

L'exploitation des eaux souterraines n'exigeant l'exécution de travaux que sur des propriétés privées, le régime général sera celui de la liberté contrôlée. Même en dehors de périmètres institués après enquête, où fonctionnera une réglementation assez stricte, il y a obligation de déclarer les exploitations des eaux du sous-sol, car il faut prévoir l'extension des zones où les nappes souterraines présentement surabondantes, deviendront insuffisantes. Dans ces zones où la nécessité de l'intervention de l'Etat pour exercer les pouvoirs de police s'impose, et tel est le cas des Territoires du Sud, un régime d'autorisations analogue à celui établi pour les eaux superficielles est indispensable.

Quant au texte de loi lui-même, il posait le principe de l'attribution au domaine public des eaux souterraines, qu'elles fussent artésiennes ou non, et de l'abrogation complète de la loi de 1933 : il y avait consolidation des droits acquis de bonne foi, par déclaration dans un délai de deux ans après institution d'un périmètre. En dehors des périmètres, du reste, toute installation utilisant les eaux du sous-sol devait être déclarée.

Ce projet de loi constituait un très gros progrès, mais était moins bien établi que l'exposé des motifs. On pouvait lui faire deux principaux reproches :

— D'abord, il n'était pas spécifié que les Territoires du Sud constitueraient un périmètre, bien que cela ressortît du préambule: cet oubli offrait l'inconvénient de rétablir la liberté de forage entre la promulgation de la loi et l'institution des périmètres.

— D'autre part, le régime de la simple déclaration en dehors des périmètres soumis à une réglementation présentait la lacune de n'imposer aucune condition technique dans l'exécution des sondages : or, d'après l'expérience acquise dans le Sud, ce sont les défauts dans la constitution matérielle des ouvrages d'exploitation qui constituent la principale atteinte à l'intérêt général. La réglementation restreignant la liberté d'exécuter des puits selon les procédés, momentanément les moins onéreux, et à des points quelconques, n'intervient qu'au moment où la situation est tellement compromise qu'il devient très difficile d'y remédier utilement. S'il est relativement admissible qu'un particulier fasse un puits où il lui plaît, il est impossible d'accepter qu'il dilapide, sans utilité pour quiconque, le patrimoine commun que constituent les eaux souterraines.

Le texte fut soumis aux Délégations Financières à leur session ordinaire de 1934. Celles-ci s'entêtèrent à vouloir réviser les arrêts de 1930 du Conseil d'Etat, ce qui n'offrait plus guère d'intérêt pratique, en affirmant une fois de plus que la loi de 1851 était une loi d'exception susceptible seulement d'interprétation restrictive et que, par suite, les eaux n'avaient jamais été domaniales avant 1933.

Dans la nouvelle rédaction issue des discussions des Assemblées algériennes, l'institution de périmètres ne pouvait intervenir qu'après certaines formalités et sur avis de certains organismes, dont la plupart n'existaient pas dans les Territoires du Sud : une fois encore, ceux-ci n'étaient pas *ipso facto* constitués en périmètre, une telle constitution automatique étant incompatible avec une clause d'après laquelle il fallait une enquête préalable pour créer un périmètre.

Dans ces conditions, on envisagea de déclarer inapplicable aux Territoires du Sud un texte qui, après remaniement par les Délégations Financières, ne reposait plus sur aucun principe juridique. Cela n'offrait pas de difficulté, les assemblées algériennes n'étant habilitées à délibérer que sur les problèmes intéressant l'Algérie du Nord. Une loi spéciale devait intervenir pour le Sud, indépendamment de toutes mesures pour le Nord.

Après mûre réflexion, l'Administration jugea finalement que le projet de loi élaboré était également inapplicable dans l'Algérie du Nord. Un nouveau texte fut préparé, soumis en 1935 au Conseil du Gouvernement, et, après modification sur intervention de M. Milliot, Directeur Général des Affaires Indigènes et des Terri-

toires du Sud, put être estimé satisfaisant par ces derniers, sauf sur un point très secondaire : une redevance était prévue, or, on avait donné aux populations du Sud, en 1930, l'assurance qu'aucune redevance ne serait perçue : une solution transactionnelle eût pu d'ailleurs facilement être trouvée dans la fixation à un franc par an du montant de la taxe.

En ce qui concernait le Sud, les dispositions étaient les suivantes :

Article premier. — « L'exploitation et la jouissance des eaux « superficielles en Algérie et dans les Territoires du Sud, autres « que les lacs salés déjà réglementés, et pour un autre objet que « l'utilisation de l'énergie hydraulique régie par la loi du 18 avril « 1924, doivent faire l'objet d'autorisations après enquête publique.

« Ces autorisations doivent faire réserve des droits des tiers. « Elles donnent lieu à redevance.

« Elles sont délivrées sans limitation de durée.

« Elles peuvent être modifiées, réduites ou révoquées à toute « époque sans indemnité pour cause d'inobservation des clauses « qu'elles comportent.

« Elles peuvent l'être aussi pour cause d'intérêt public : dans « ce cas, la modification, réduction ou révocation ouvre droit à « indemnité au profit du permissionnaire, si celui-ci en éprouve « un préjudice direct.

Article 2. — « Dans les Territoires du Sud de l'Algérie, la « recherche et l'exploitation des eaux souterraines sont soumises « aux règles fixées par l'article précédent pour l'exploitation des « eaux superficielles. »

Article 3. — « Dans les Territoires du Nord...

Article 4. — « Un décret rendu en Conseil d'Etat fixera les « conditions d'application de la présente loi. »

Article 5. — « Toutes dispositions contraires des lois du « 16 juin 1851 et du 19 août 1933 sont abrogées. »

Alors que l'on s'évertuait à établir un texte donnant à l'Administration les pouvoirs nécessaires pour qu'elle pût accomplir sa mission, sans se heurter, une fois de plus, à l'opposition systématique des Assemblées algériennes, un décret-loi du 30 octobre 1935 intervint assurant au Gouverneur Général des pouvoirs supérieurs à tous ceux qui avaient pu être précédemment envisagés.

IX. Décret-loi du 30 octobre 1935 et décret d'application

Les dispositions du décret-loi du 30 octobre 1935 concernant les Territoires du Sud sont les suivantes :

Article 3. — « Dans les Territoires du Sud de l'Algérie, la « recherche et l'exploitation des eaux souterraines doivent faire « l'objet d'autorisations préalables.

Article 4. — « Toutes dispositions contraires des lois du « 16 juin 1851 et du 19 août 1933 sont abrogées.

Article 5. — « Un décret rendu en Conseil d'Etat, sur la pro- « position du Ministre de l'Intérieur, déterminera les conditions « d'application du présent décret.

Article 6. — « L'exécution sans autorisation, ou contraire- « ment aux prescriptions de l'arrêté d'autorisation, de travaux « qui devront être préalablement autorisés en vertu des articles 2 « et 3 du présent décret, est punie d'une amende de 500 à « 5.000 francs. Les travaux ainsi entrepris pourront, en outre, « être interdits par un arrêté du préfet, sans préjudice des mesu- « res qui pourront être ordonnées par le préfet si la conservation « des eaux est menacée.

Article 7. — « Les infractions seront constatées par les Ingé- « nieurs des Ponts et Chaussées ou par les Ingénieurs des Mines « et les agents sous leurs ordres ayant droit de verbaliser.

Article 8. — « L'article 463 du Code Pénal est applicable aux « condamnations prononcées. »

Le texte ainsi établi ne faisait donc plus aucune distinction entre les diverses sortes d'eaux souterraines dont uniformément la recherche et l'exploitation étaient subordonnées à autorisation. Il convient toutefois de souligner que subsiste le démembrement de la domanialité des eaux souterraines innové par la loi du 19 août 1933, celui-ci n'étant pas incompatible avec les mesures édictées par le décret-loi précité : on peut donc estimer que seules les eaux jaillissantes font partie du domaine public — ce qui n'a plus guère d'importance pour les Territoires du Sud, eu égard aux pouvoirs confiés à l'Administration.

Innovation considérable, l'exécution de travaux sans autorisation ou contrairement aux prescriptions de l'arrêté constitue un délit : les autorités susceptibles de verbaliser sont déterminées, en outre, le Préfet (dans les Territoires du Sud, le Commandant Militaire), peut interdire la continuation des travaux et prendre des mesures conservatoires.

Enfin, au *Journal Officiel* du 23 avril 1938, paraissait un décret du 21 avril 1938 fixant les conditions d'application du décret-loi du 30 octobre 1935 sur les eaux souterraines en Algérie. Comme ce règlement est présentement en vigueur, nous allons examiner, compte tenu des décisions antérieures prises par le Gouverneur Général, quelle est la situation actuelle dans les Territoires du Sud.

X. — Situation actuelle de la législation des eaux souterraines

Le décret a voulu régler les conditions de recherche et d'exploitation des eaux dans l'Algérie du Nord et les Territoires du Sud à l'aide d'un texte unique : il en résulte parfois une certaine confusion due aux différences d'organisation des deux régions.

La personne désireuse d'exploiter les eaux souterraines adresse à cet effet une demande d'autorisation en double exemplaire, dont un sur papier timbré, au Commandant Militaire du Territoire où se trouvent les travaux projetés.

Cette demande précise (art. 3) :

« 1° Les nom, prénoms, qualité, nationalité, et domicile du « demandeur ou, si la demande émane d'une association, les indi- « cations correspondantes : nature, siège, nationalité, objet, noms, « prénoms, qualités du ou des représentants habilités auprès de « l'Administration. »

« 2° L'emplacement de l'ouvrage projeté, sa profondeur pré- « sumée, sa destination, le débit dont la concession est sollicitée. »

On remarquera que le mot « concession » est erroné, à moins que, dans l'esprit du Conseil d'Etat, les eaux soumises à la réglementation des périmètres ou des Territoires du Sud, soient reclassées sans exception dans le domaine public.

Des renseignements complémentaires peuvent être exigés par simple arrêté du Gouverneur Général.

A la demande doit être joint un extrait de carte officielle portant indication de l'emplacement prévu pour les travaux.

En pratique on exige, en outre, une pièce établissant que cet emplacement appartient au demandeur. De plus, comme les bénéficiaires futurs d'une autorisation de forage sont en général très nombreux, ceux-ci s'entendent pour nommer un mandataire qui les représente : justification de cette nomination est annexée à la demande.

Le Commandant Militaire saisi, transmet la demande à « l'in- « génieur en chef du Service hydraulique qui décide s'il convient « de procéder à la visite des lieux ; dans l'affirmative, il en charge « un ingénieur du Service hydraulique » (art. 4). Or, comme il n'existe pas de Service hydraulique dans le Sud, d'après les équivalences de l'article 15, « le rôle des ingénieurs du Service « hydraulique incombe au Chef d'Annexe ou à l'Administrateur « de la commune indigène, assisté du Service des Travaux Publics « des Territoires du Sud ». On doit donc admettre que le Chef d'Annexe cumule les fonctions d'ingénieur en chef et d'ingénieur ordinaire du Service hydraulique. Il ne paraît pas très heureux de confier à un fonctionnaire aussi occupé que le Chef d'Annexe et peu au courant des questions hydrauliques, un rôle technique qu'il ne peut remplir qu'avec l'aide du Service des Travaux Publics dont « le mode d'assistance » est formulé en termes bien vagues.

En fait, il y a toujours visite des lieux par le Chef d'Annexe et le Chef de Station Hydrologique.

Quant aux autres formalités énumérées par l'article 4, elles se réduisent en pratique à prévenir les intéressés du passage des enquêteurs. Un procès-verbal est établi par le Chef de Station Hydrologique et soumis au Chef d'Annexe qui le transmet avec son avis au Commandant Militaire ; ce procès-verbal contient tous les éléments nécessaires à la prise d'un arrêté d'autorisation : ces éléments sont essentiellement la fixation des besoins des intéressés d'après l'état des palmeraies et les ressources en eau existantes, la vérification des pièces du dossier et des possibilités d'irrigation, eu égard à l'emplacement choisi.

Une enquête de quinze jours est ouverte et un registre est mis à la disposition des intéressés pour recueillir leurs observations.

Les dossiers sont alors transmis pour examen au Service des Travaux Publics et à celui de la Carte Géologique.

Le décret prévoit que le dossier de chaque enquête est soumis

à une Commission consultative, dont la composition doit être fixée par un arrêté du Gouverneur Général, d'après certains principes. La composition des commissions de forage fonctionnant dans le Sud depuis 1919 est conforme à ces principes. Toutefois, en raison du nombre d'enquêtes annuelles, il ne pourrait être question de réunir la Commission pour chacune d'elles : elles sont donc bloquées et examinées lors d'une session ordinaire qui a lieu, au su de tous, au mois de mars de chaque année. En cas d'urgence une procédure a été instituée, consistant à réunir les membres locaux et à demander ensuite le sentiment des membres résidant normalement à Alger.

Les Commissions donnent un avis sur les demandes d'autorisation présentées et les débits limites à attribuer.

Le Gouverneur Général (art. 6) décide en définitive, sur le vu du dossier et de l'avis motivé de la Commission, la suite à donner à la demande présentée. Il peut, soit ordonner un supplément d'enquête, soit opposer un refus motivé, soit accorder une autorisation par arrêté.

Cet arrêté doit (article 7) :

« 1° Faire réserve expresse des droits des tiers, qu'ils aient été « ou non revendiqués lors de l'instruction.

« 2° Imposer au permissionnaire l'obligation de se conformer à « tous les règlements existants ou à intervenir sur la police, le « mode de distribution et le partage des eaux. »

Ces deux premières précautions ne semblent pas indispensables, mais sont de nature à éviter des illusions aux permissionnaires et, par suite, des difficultés dans l'application des règlements.

« 3° Fixer le débit maximum dont le permissionnaire aura la « jouissance et, s'il s'agit d'une nappe jaillissante, l'utilisation de « l'excédent de débit au-dessus de ce maximum », dans le cas (art. 10), où il ne serait pas ordonné de réduire, par des travaux appropriés, le débit au maximum fixé, ce qui est le cas général.

Ces dispositions présentent des lacunes : en effet, il n'est rien dit des conditions financières de cession du débit supplémentaire, ni des conséquences d'une baisse dans le débit des puits. La pratique a été fixée dans le Sud, sur le vœu des Commissions de forages, dans le sens suivant : le prix est fixé en fonction des débits répartis, une majoration étant permise pour dédommager le per-

missionnaire des risques courus pendant le forage; en cas de réduction du jaillissement par suite d'une évolution naturelle du puits, la baisse du débit doit être supportée par chacun des ayants cause, proportionnellement à sa part.

« 4° Fixer le nombre, la profondeur et l'emplacement des puits « ou forages autorisés, ainsi que les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire ces puits ou forages et les ouvrages de « distribution projetés. »

Les conditions techniques normales sont imprimées dans le texte des arrêtés : des dérogations sont apportées assez fréquemment, soit en vue d'alléger les charges financières qu'entraîne l'ouvrage, soit en vue de prendre des précautions supplémentaires, en cas de forages spécialement délicats.

On peut se demander jusqu'à quel point l'expression « ouvrages de distribution » permet d'imposer la construction de canalisations étanches. A notre sens, l'interprétation est affirmative.

« 5° Spécifier que les travaux seront soumis au contrôle des « représentants de l'Administration et qu'ils devront être achevés « dans un délai déterminé, à l'expiration duquel un procès-verbal « de récolement sera dressé; passé ce délai, si les travaux ne sont « pas exécutés, l'arrêté est périmé, à moins que le Gouverneur « Général n'accorde une prorogation du délai, s'il estime que le « retard ne résulte pas d'une faute du permissionnaire. »

La coutume des Territoires du Sud est depuis longtemps fixée en ce sens : le délai est de deux ans ; en outre, obligation est faite aux sondeurs de tenir un registre où sont consignés les renseignements d'ordre géologique recueillis, ainsi que de prélever les échantillons de terrain correspondants.

« 6° Réserver à l'Administration le droit de s'assurer, en tout « temps, par la visite des ouvrages, que les conditions énumérées « ci-dessus sont observées. »

Les autorisations (art. 8), (on ne parle plus de concession), sont accordées sans limitation de durée; elles peuvent être réduites ou révoquées sans indemnités en cas d'inobservation des clauses qu'elles comportent ; sauf ce cas, il n'y a révocation possible, avec indemnité, que pour cause d'utilité publique.

L'arrêté doit être timbré et enregistré aux frais du permissionnaire. L'autorisation ne donne pas lieu à redevance (art. 9).

Dans le cas où le permissionnaire, dans le délai imparti par une mise en demeure, « n'a pas fait disparaître les ouvrages non « autorisés, ou les modifications entreprises sans autorisation des « ouvrages existants, la suppression des modifications ou ouvrages « non autorisés peut être ordonnée, aux frais des intéressés », par le Commandant Militaire.

Le texte du décret est incomplet : toutefois, en se reportant au texte du décret-loi, et en tenant compte des équivalences de l'article 14, on arrive à cette conclusion que les procès-verbaux constatant les infractions seront dressés par des agents assermentés du Service des Travaux Publics des Territoires du Sud, ou le Chef d'Annexe. Une amende peut être infligée aux délinquants. Le Commandant Militaire interdit les travaux ou met en demeure les contrevenants de prendre les mesures qu'il juge nécessaires et dont il pourra ordonner l'exécution d'office, si la conservation des eaux est menacée.

La question avait déjà été examinée, au lendemain des arrêts de 1930 du Conseil d'Etat, qui interprétèrent la loi de 1851. Une très remarquable consultation de M. le Professeur Bienvenüe, appuyée sur une jurisprudence massive, avait fixé les points suivants, dans un cas particulier où, par suite de malfaçons, du reste coutumières, d'un entrepreneur de forages, un puits non seulement n'avait pu être jugulé au chiffre autorisé, mais s'était effondré en engloutissant un appareil de sondage :

1° Pour avoir prélevé un débit trop élevé, le propriétaire de l'ouvrage ne peut qu'être condamné à remettre les choses en l'état, sans dommages-intérêts (solution adoptée par analogie avec celle relative aux eaux superficielles).

2° Pour contraindre les concessionnaires à se conformer aux conditions qui leur ont été imposées en vue de la conservation du domaine public, l'Administration dispose du procédé des contraventions de grande voirie, même s'il y a seulement utilisation d'eau artésienne au delà du débit concédé, ou dans des conditions autres que celles fixées. L'ouvrage en contravention peut être détruit.

3° La juridiction compétente pour la répression est nécessairement le Conseil de Préfecture, qui ne peut qu'ordonner les mesures propres à la remise en état des lieux ; l'Administration peut y procéder d'office, s'il y a urgence, sans attendre la condamnation et réclamer, devant le Conseil de Préfecture, le remboursement des sommes exposées à cet effet.

Une mise en demeure postérieure au procès-verbal de contravention de grande voirie doit être adressée avant toutes poursuites, par le Gouverneur Général au propriétaire intéressé, lequel a un recours contre l'entrepreneur, si celui-ci est responsable des faits reprochés au permissionnaire.

4° Comme il ne s'agit pas de travaux publics, l'Administration n'a pas le droit d'interdire l'exécution de tout forage à un entrepreneur coupable de malfaçons dans des travaux antérieurs : elle a, par contre, dans chaque cas particulier, la possibilité d'opposer un refus non motivé à une demande d'approbation du contrat de forage correspondant.

Nous voyons que si, finalement, l'Administration dispose sensiblement des mêmes pouvoirs qu'après la reconnaissance de la domanialité des eaux souterraines, les règles fixées par le décret-loi de 1935 et le décret correspondant en rendent l'usage plus expéditif.

Ajoutons que, d'après l'article 14, la cession des autorisations doit être autorisée par arrêté du Gouverneur Général. Nous supposons qu'il s'agit là, contrairement à la lettre du texte, non des eaux obtenues grâce à une autorisation délivrée, mais de la permission d'exécuter un puits. En effet, encore que « l'exploitation » soit subordonnée à autorisation préalable, l'application du décret, au sens littéral, amènerait à considérer toutes les eaux, même non jaillissantes, comme faisant partie du domaine public, ce qui ne résulte pas des textes. D'ailleurs, jusqu'à présent, l'usage a prévalu de ne pas prendre d'arrêté pour autoriser la vente de palmeraies avec les parts d'eau correspondantes, et même de débits sans les jardins irrigués, ce qui est certainement plus grave. Qui connaît l'enchevêtrement des répartitions d'eau et le morcellement des propriétés indigènes peut se représenter ce que la nécessité d'autoriser chaque cession de parts d'eau amènerait de complications inextricables.

Telles sont, en résumé, les mesures arrêtées par la récente législation des eaux souterraines; sauf sur des points de détail, elles correspondent aux pratiques en usage dans le Sud, pratiques dont une longue expérience a montré l'excellence.

Toutefois, on peut se demander si certaines dispositions fixées par des décisions du Gouverneur Général, et dont le règlement

d'administration publique de 1938 ne fait pas mention, sont encore en vigueur.

Il ne s'agit naturellement pas des mesures relatives aux coefficients d'irrigation, à la fixation des débits à autoriser suivant l'ancienneté des plantations, etc., puisque, dans ces matières, le Gouverneur Général, qui n'est pas lié par les avis des Commissions de forages, et n'a, d'ailleurs, agi que sur les vœux exprimés par ces assemblées, a un pouvoir discrétionnaire.

Par contre, peut-il continuer à subordonner à l'approbation du contrat intervenu le commencement des travaux ? La réponse est sans aucun doute affirmative : il s'agit là, en effet, de mesures de contrôle et de police; d'ailleurs l'arrêté d'autorisation lui-même précise que le permissionnaire doit se conformer à tous les règlements existants ou à intervenir sur la police des eaux.

C'est pour les mêmes raisons que sont appliquées un certain nombre de dispositions de détail, qui ne pouvaient prendre place dans le texte du décret d'application étudié. On peut citer, en ce qui concerne l'exploitation des eaux souterraines, les mesures fixant les conditions dans lesquelles sont délivrées les autorisations de curage ordinaire, de curage par émulsion, d'injection d'acide (ces deux derniers types d'opérations, en raison des conséquences possibles, nécessitent des enquêtes préalables du Chef de Station Hydrologique).

XI. — La législation actuelle est-elle suffisante ?

En raison des pouvoirs que détient le Gouverneur Général en ce qui concerne les Territoires du Sud, il est certainement facile de remédier aux légères imperfections signalées, lesquelles sont du reste très atténuées par les pratiques suivies.

Il nous paraît toutefois nécessaire de signaler une fissure à l'édifice construit.

Si, pour l'Oued Rir', le principe a été admis de ne plus accorder de puits pour irriguer des plantations postérieures au 14 mars 1927, cette règle apparemment simple est d'application difficile. Il est d'abord certain que des puits faits avant 1932, date vers laquelle la technique des forages employée dans le Sud a permis de juguler les débits excessifs, ont à maintes reprises donné des jaillissements supérieurs aux chiffres autorisés. Par suite du manque d'étanchéité des ouvrages, il était peu aisé d'en limiter les débits;

d'autre part, jusqu'en 1930, l'Administration incertaine sur le sens dans lequel le Conseil d'Etat rendrait ses arrêts au sujet de la domanialité des eaux, n'osait contraindre les propriétaires à prendre les mesures très onéreuses qui seules eussent permis de réduire les débits sans pertes inadmissibles. Les intéressés étaient donc assez excusables de créer des palmeraies pour éviter que l'eau, en excédent des quantités concédées, ne fût pas inutilisée : toutefois, on peut se demander jusqu'à quel point l'espoir de bénéficier définitivement des débits non autorisés ne motivait pas l'inertie opposée aux injonctions platoniques de l'Administration. Or, bien que la règle ait été très nette et à maintes reprises confirmée, dans un cas où un puits non limité s'était effondré, tous les planteurs agirent pour que la règle ne fût pas appliquée, car ils jugeaient inadmissible que des plantations périssent faute d'eau. Un sondage de remplacement fut accordé, mais il fut exécuté de sorte qu'aucun excédent de débit ne fût disponible. L'exception ne confirmant pas la règle, on peut être quelque peu sceptique sur l'application des mesures de restriction à des palmeraies plantées après 1927, avant les récents progrès de la technique des forages. Ajoutons que parfois des motifs d'ordre politique peuvent faire tolérer des exceptions.

D'autre part, la répartition des débits d'un nouveau puits ne se fait jamais au prorata des besoins estimés : dès qu'un indigène a un excédent d'eau, il s'empresse de planter, or les jeunes palmiers demandant une irrigation moindre que les arbres adultes, il est rare que les créations ne soient pas trop étendues et qu'elles ne souffrent pas d'un manque d'eau lorsqu'elles entrent en rapport. En fait, à tout nouveau forage correspondent de nouveaux jardins. Il est difficile de s'y opposer, car il est aisé de tourner la règle en invoquant le droit au remplacement nombre pour nombre des palmiers morts, or un hectare de plantation indigène où la densité de plantation est élevée peut ainsi donner naissance à trois hectares de jardins modernes.

L'emploi de canalisations étanches procure une économie d'eau dont il est normal de permettre l'utilisation au propriétaire.

Il semble bien que, pour éviter d'avoir la main forcée, et en raison des complications de la propriété indigène, l'Administration devra allouer à chaque oasis un débit déterminé dont la répartition sera effectuée par les soins d'une association syndicale autorisée.

Déjà un certain nombre de syndicats ont été formés, mais bien

qu'ils n'aient pas été fondés dans ce but, il est normal d'y avoir recours à cet effet. Cette idée n'est pas neuve : dès 1919, elle avait été formulée à la séance inaugurale des Commissions de forage; en 1930, elle avait été prônée par la Commission de législation des eaux au cours de son enquête dans le Sud; enfin, en 1934, il a été prévu que la délivrance d'autorisations de forage serait subordonnée à l'accord des djemaas intéressés « dont les membres doivent « s'engager solidairement à accepter les conditions fixées pour « l'exécution des travaux et pour la répartition du débit des fora- « ges envisagés ». Mais la solution réelle ne peut être obtenue que par l'intermédiaire de syndicats autorisés.

Un des arguments favoris des adversaires d'une législation des eaux souterraines restreignant la liberté des exploitants était l'exemple de ce qui se passait en France : or un décret-loi du 8 août 1935, suivi d'un règlement d'administration publique du 4 mai 1937, a interdit, dans les départements de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, l'exécution sans autorisation préalable de puits de plus de 80 mètres de profondeur. Cette mesure, prise « en raison de l'intérêt public qui s'attache à la conservation « et à l'utilisation rationnelle des ressources souterraines », pourra être étendue par décret à d'autres départements français « sur la « proposition du Ministre des travaux publics et du Ministre de « l'intérieur qui fixeront dans chaque cas la profondeur au delà « de laquelle aucun sondage, ni forage ne pourra être entrepris « sans autorisation ».

Ainsi, les mêmes causes produisant les mêmes effets, l'exploitation intensive des eaux souterraines de la région parisienne, rendue possible par les progrès de la technique des forages, a conduit le Gouvernement de la Métropole à prendre des mesures analogues à celles déjà adoptées pour les Territoires du Sud. Le parallélisme est d'autant plus frappant que nous avons déjà noté les ressemblances remarquables entre le bassin séquanien et le bassin artésien du Sahara.

Le règlement appliquant le décret-loi du 8 août 1935 présente d'ailleurs un caractère beaucoup plus technique que celui concernant l'Algérie : il est, à notre avis, un certain nombre de mesures, imposées par le décret du 4 mai 1937, qui eussent pu figurer avec avantage dans le règlement d'administration publique du 21 avril 1938. Ces mesures concernent notamment les pompages, l'obturation des sondages en cas d'abandon des ouvrages ou « d'incidents

« faisant apparaître des risques d'inter-communication entre « niveaux aquifères différents ou de pollution des eaux souter- « raines », la fourniture d'une coupe, en fin de travaux, des terrains traversés, des tubages, etc... Il est d'ailleurs certain, qu'en vertu des pouvoirs qu'il détient, et dans le silence du règlement applicable à l'Algérie, le Gouverneur Général peut imposer dans ses arrêtés d'autorisation, toutes mesures qu'il jugera utiles à la conservation des eaux souterraines.

XII. — Associations syndicales

Nous avons vu que la formation d'associations syndicales dans chaque oasis était apparue indispensable à la bonne distribution des eaux souterraines. Il nous semble également impossible d'obtenir une bonne exploitation des eaux, si l'on ne se place pas sur le plan collectif. Cette formation de syndicats se heurte parfois à certaines mauvaises volontés, à certaines difficultés de fonctionnement dues au manque de personnalités susceptibles d'en assurer la bonne marche. De tout temps, il y eut dans les oasis des djemaas (assemblées) réglant les questions propres à chaque centre, et dans certains cas des djemaas des eaux distinctes (notamment à Sidi-Okba), mais il n'y a aucune garantie au sujet de l'emploi des fonds qu'elles ont pu réunir, ni de l'application ou de la vérification des décisions.

Aussi, a-t-il fallu quelque temps pour mettre sur pied un certain nombre de ces associations syndicales, libres ou autorisées après adaptation aux conditions spéciales du Sud des règles établies pour d'autres régions.

Les textes en vigueur en cette matière sont la loi du 21 juin 1865-22 décembre 1888, modifiée par le décret du 21 décembre 1926, le décret du 31 octobre 1866 rendant applicable à l'Algérie la loi du 21 juin 1865, la loi du 13 décembre 1902 complétant la loi du 21 juin 1865-22 décembre 1888 et rendant cette loi, ainsi modifiée, applicable à l'Algérie, le décret du 18 décembre 1927 portant règlement d'administration publique et la circulaire ministérielle du 18 décembre 1927, rendue applicable à l'Algérie par décision gouvernementale du 6 novembre 1933.

En raison des formalités qui accompagnent la formation d'associations syndicales autorisées, il est apparu parfois préférable de

former des associations syndicales libres, celles-ci étant aisément transformées en syndicats autorisés.

Voici, *grosso modo,* la procédure suivie pour créer des associations syndicales autorisées : le Chef d'Annexe établit un dossier comportant un projet d'acte d'association, un plan périmétral au 1/10.000e au moins des jardins à irriguer (il existe pour la presque totalité des oasis une carte à cette échelle), un état nominatif des propriétaires des jardins intéressés, avec indication, soit de la superficie de ces jardins, soit du nombre de palmiers, soit des parts d'eau.

Ce dossier est soumis à enquête : un arrêté du Gouverneur Général prescrit l'ouverture de l'enquête de 20 jours et convoque les intéressés en assemblée générale avec la publicité nécessaire. Si l'initiative de former l'association syndicale provient du Gouverneur Général ou du Commandant Militaire (l'assimilation étant celle normale de Préfet et Sous-Préfet dans les Territoires du Sud), l'enquête et l'instruction ouvertes pourront porter également sur un projet de décret à intervenir en cas d'échec de la tentative de formation de l'association syndicale : ce décret doit être pris en Conseil d'Etat. Une telle mesure constitue un moyen de pression non négligeable si des difficultés sont à craindre, alors qu'il s'agit de réaliser des travaux d'intérêt général indispensables. On peut du reste se demander si le Gouverneur Général, détenant tous pouvoirs en matière économique d'après la loi du 20 septembre 1940, n'est pas en droit de prendre les mesures qui exigeaient l'intervention du Conseil d'Etat.

Un commissaire enquêteur est nommé également par le Gouverneur Général.

L'enquête est close, les intéressés sont convoqués individuellement à l'assemblée générale où l'on détermine si les majorités nécessaires à la formation de l'association sont bien réunies. Le Président de cette assemblée générale, désigné par le Gouverneur Général, dresse procès-verbal des résultats du vote.

Le Gouverneur Général autorise, par arrêté, l'association syndicale, quand la consultation a été favorable. Cet arrêté, ainsi que l'acte d'association, sont publiés au *Journal Officiel* de l'Algérie.

Une assemblée générale élit ensuite le Président définitif, les syndics, désigne le receveur, tous organes qui permettent au syndicat de remplir son but.

On pourra trouver au *Journal Officiel* de l'Algérie du 15 mars

1935, l'acte d'association du syndicat de Tamellaht pour lequel la base des cotisations et des voix est le nombre de palmiers.

Les associations syndicales peuvent être subventionnées, peuvent emprunter, etc., ce qui facilite considérablement la réalisation de tous travaux qui pourraient être jugés nécessaires.

Des mesures de contrainte sont possibles au cas où ces associations ne rempliraient pas le but dans lequel elles ont été créées : après mise en demeure, un agent peut être chargé de suppléer le président de l'organisme défaillant.

Il semble donc qu'en fondant un syndicat par oasis et en utilisant les pouvoirs que lui confèrent les lois et règlements en vigueur, l'Administration puisse parvenir à organiser rationnellement l'aménagement des oasis. Ce que doit être cet aménagement sera approfondi dans nos conclusions.

Avant de les formuler, il nous semble indispensable d'étudier ce qui a été réalisé dans des pays étrangers; nous en examinerons trois : la Libye, en raison de sa proximité, de la date récente de sa mise en valeur et du caractère étatique de la colonisation, la Californie où, grâce à la technique américaine, à l'esprit de coopération des planteurs, a été créé un modèle de mise en valeur de contrées désertiques et le Dakota, dont la situation rappelle celle de l'Oued Rir'.

TROISIÈME PARTIE

EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES EN LIBYE, EN CALIFORNIE ET AU DAKOTA

I. — Libye

Il nous a été assez difficile de recueillir une documentation précise sur les eaux souterraines de la Libye: les travaux d'exploitation y sont, pour la plupart, de date récente, et les événements contemporains n'ont pas été favorables à la réunion de renseignements sur la Tripolitaine et la Cyrénaïque.

1° *Nappes phréatiques.*

La région qui semble la plus riche en eaux est celle de Tripoli où pendant très longtemps fut seule utilisée pour les cultures la nappe phréatique contenue dans des sédiments plus ou moins à hélix. Cette nappe existe dans toute la zone littorale de la Tripolitaine, sauf une lacune à l'est d'Homs, où elle s'affaiblit rapidement pour reparaître, légèrement saumâtre, vers Mitsurata jusqu'à Suara, El Aghela. Les eaux sont du type des eaux de dune et sont généralement douces : on les rencontre près de la mer, entre 1 et 4 mètres de profondeur, mais elles s'enfouissent assez rapidement dès qu'on remonte vers l'intérieur des terres.

La nappe phréatique proprement dite, c'est-à-dire la première couche aquifère, surmonte plusieurs autres nappes en étroite relation avec elle puisque leur pression est exactement la même : dans un forage exécuté pour exploiter ces nappes inférieures dont la profondeur est toujours moindre que 100 mètres, le niveau de

l'eau s'établit donc dans le même plan que celui de la nappe phréatique : un tel ouvrage peut donc procurer un gain de débit, mais on n'en peut attendre aucun bénéfice en ce qui concerne la hauteur d'élévation.

La nappe phréatique baisse en été, tant à cause de l'évaporation plus intense, que des prélèvements plus importants pour irriguer et du défaut d'alimentation en saison sèche.

Il ne semble pas que l'on ait pris aucune precaution pour éviter la contamination des eaux souterraines par celles de la mer : le danger de nappes phréatiques dans une telle situation est d'amener l'intrusion des eaux salées lorsque le débit pompé est plus élevé que celui de l'écoulement naturel de la nappe. Il est donc probable que l'exploitation des eaux des nappes supérieures n'a pas encore atteint son plafond.

Avant l'occupation italienne, l'eau était obtenue dans des puits à main, suivant les procédés habituels des pays arabes, à l'aide d'un balancier ou d'une poulie permettant de remonter une outre pleine d'eau. Actuellement on utilise le plus souvent des éoliennes: cette méthode qui utilise la force motrice du vent n'est pas partout praticable : elle n'est également pas aussi économique qu'on pourrait le croire à priori. Elle a été nécessaire en Tripolitaine, parce que les débits unitaires des puits sont assez faibles et qu'il est facile de creuser de nombreux puits : dans ces conditions, seule l'installation de moteurs électriques eût été économique, mais l'électrification du pays n'était pas envisagée. Par suite du voisinage de la mer, il y a des vents assez réguliers quotidiens (brise de mer et de terre), et de plus, les vents ne doivent pas avoir une violence suffisante pour arracher les pales des éoliennes.

C'est pourquoi, sur les quelque 8.000 puits qui criblent le sol des environs de Tripoli, une bonne part sont équipés à l'aide de ces éoliennes susceptibles, par bon vent, d'élever de 5 à 8 mètres cubes par heure; un bassin de 60 à 100 mètres cubes recueille l'eau pompée qui sera répartie par des rigoles en ciment dans les terres. En principe un puits suffit pour un hectare.

L'usage des éoliennes présente des inconvénients non négligeables, dont les principaux sont les frais d'entretien très importants, la nécessité de construire des bassins, l'irrégularité du pompage qui entraîne de graves répercussions sur la végétation dans les périodes chaudes et calmes.

Aussi dans les points plus favorisés où les puits donnent 2 à

300 mètres cubes par jour, soit qu'ils soient plus abondants, soit qu'on y draine l'eau par des galeries, a-t-on installé, en l'absence d'électricité des moto-pompes a moteurs Diesel ou à essence.

Tout cela explique l'insuccès des éoliennes dans le Sud de l'Algérie où les débits sont importants, les vents très violents et irréguliers et bien plus rares qu'on ne peut l'imaginer, puisqu'à Ouargla, par exemple, il n'y a guère plus de 90 jours de vent par an.

L'eau est douce, ce qui représente un avantage considérable pour les cultures et une meilleure utilisation de la nappe, puisqu'une partie de l'irrigation s'infiltre dans le sous-sol et peut être pompée à nouveau. Il y a peu d'exemples d'un tel phénomène dans les Territoires du Sud où l'on utilise rarement les eaux de la nappe phréatique pour l'arrosage : la seule contrée où les eaux puissent ainsi servir plusieurs fois est le Mzab.

L'absence de nappe salée simplifie énormément la question du drainage, en même temps que celle de la confection des forages pour exploiter les nappes aquifères inférieures, puisqu'il n'est pas indispensable, en principe, d'assurer un isolement des eaux exploitées.

L'importance des irrigations, variable suivant les cultures, est voisine de celle des Territoires du Sud : la lame d'eau correspondante est de l'ordre de 2 mètres par an.

Ce qui restreint la zone d'emploi de cette nappe est la hauteur dont il faut élever l'eau pour l'amener à la surface du sol : nous avons vu que cette hauteur augmentait à mesure qu'on s'éloignait de la mer. La limite généralement admise est de 25 mètres, mais on ne dépasse pas en général 12 à 14 mètres. C'est pourquoi les cultures irriguées sont confinées dans une bande littorale assez étroite, sauf en quelques points comme Tripoli, où la topographie leur permet de s'étaler.

A l'intérieur des terres on se heurte au Djebel où l'on ne trouve que quelques nappes phréatiques en général assez profondes, et des sources parfois importantes provenant du Turonien supérieur ou inférieur.

La Cyrénaïque est bien moins pourvue d'eau : dans la région de Benghasi on trouve un système hydrographique assez important dans les calcaires : l'eau est légèrement saumâtre et il faut l'amener dans la zone des terres profondes par des canalisations

coûteuses : en outre, le sol est argileux et se fend profondément, ce qui entraîne une mauvaise utilisation des eaux d'irrigation.

Quant aux oasis de l'hinterland, elles sont alimentées par des sources ou des puits utilisant une nappe phréatique abondante : il existe des puits artésiens à Ghadamès et à Ghât.

2° *Puits jaillissants.*

Ce n'est qu'à une époque très récente que fut systématiquement entreprise l'exploitation des eaux jaillissantes profondes. Sans doute, avait-on déjà reconnu l'existence de ces nappes dans la région de Tripoli notamment, mais aucun effort systématique n'avait été tenté. Vers 1938, une vingtaine d'appareils de sondage furent mis en action pour doter des eaux nécessaires les villages qui devaient accueillir les nouveaux colons, dont l'exode spectaculaire trouva place dans tous les journaux de l'époque. Fin 1938, 63 puits artésiens donnant 7.000 mètres cubes-heures coulaient en Libye : 22 puits avaient été forés dans la première partie de l'année à une profondeur moyenne de 400 mètres : trois seulement furent entièrement stériles. Nous donnons ci-après un tableau des résultats obtenus dans les cinq premiers mois de 1938 :

Lieux	Niveau au dessus de la mer	Profondeur en mètres	Débit en m³/H
1 Ghadamès	350	365	125
2 Hon	207	406	80
3 Bir Sabil	41	251	120
4 Zavia	25	254	50
5 Saïad	24	233	20
6 Suani ben Aden	36	?	0
7 Tagiura I	27	292	8
8 Tagiura II	7	427	250
9 Mellaha	6	447	400
10 Gasr Garabulli I	50	135	350
11 Gasr Garabulli II	55	?	0
12 Gasr Chiar	60	?	0
13 Mitsurata I	5	458	200
14 Mitsurata II	23	437	60
15 Gioda I	12	355	350
16 Gioda II	12	366	350
17 Gioda III	6	413	350
18 Gioda IV	12	410	320
19 Sidi Mestri I	21	450	350
20 Sidi Mestri II	21	447	350
21 Suara	?	239	42
22 Pisida	?	491	40

Sur les 63 puits exécutés, 50 le furent dans le nord de la Tripolitaine (dont 20 pour les villages destinés aux 1.800 familles de paysans italiens), 2 à Mitsurata et un à Tobrouk : les 10 autres l'ont été en des points divers du territoire. La région de Tobrouk, en raison de l'exiguïté du bassin artésien, n'est susceptible d'aucun développement : la zone d'alimentation n'est qu'à 25 kilomètres de la mer.

Par contre, les Italiens estiment que les 7.000 mètres cubes-heure obtenus ne représentent que la centième partie du débit qu'ils pourront obtenir du sous-sol, par jaillissement, car ils sont à priori opposés au pompage qui ne doit être effectué, en raison du manque d'énergie motrice, que sur les puits à la nappe phréatique. En effet, quand il s'agit de mettre en valeur un pays neuf, la pratique du pompage est toujours dispendieuse ; d'autre part tant qu'à pomper, il est plus simple de puiser l'eau dans les nappes superficielles, dont la limite d'exploitation n'est d'ailleurs pas atteinte, et qui bénéficient partiellement des eaux de la nappe jaillissante utilisées pour les irrigations.

En principe, les forages sont effectués dans une bande large de 2 kilomètres parallèle à la côte, avec des appareils de sondage à battage pour les profondeurs les plus faibles et des rotarys pour les plus grandes. L'eau produite est accumulée dans des réservoirs de ciment de très grande capacité construits sur le puits lui-même ou à quelque distance de ce dernier, selon les besoins des irrigations. L'eau circule toujours dans des tubes étanches ou dans des canaux de ciment dont il a été installé des milliers de kilomètres, soit des puits aux réservoirs, soit des réservoirs aux lieux d'utilisation. Ces réservoirs ont pour but non seulement de permettre la réalisation du meilleur module d'irrigation possible, mais encore d'emmagasiner l'eau produite de façon qu'on puisse l'employer au moment le plus favorable. Au village de Crispi (au sud de Mitsurata), le réservoir de 3.000 mètres cubes correspond à une accumulation de l'eau du puits produite pendant 15 heures. Au village de Gioda (sud de Crispi), les 4 puits alimentent une demi-douzaine de réservoirs de ce type, représentant une capacité de production de 12 heures.

A partir des réservoirs, où parfois, contrairement au principe de ne jamais utiliser de force motrice, on refoule l'eau par pompage, un réseau de canaux de ciment répartit celle-ci entre les divers lots de colonisation, dont la superficie est d'une dizaine

d'hectares dans la région de Mitsurata et de trente à quarante hectares près de Tripoli.

Bien que nous n'ayons pas tous les éléments nécessaires pour avoir une certitude à cet égard, il nous paraît peu probable que les Italiens puissent obtenir par jaillissement le débit escompté de 735.000 mètres cubes-heure.

En effet, l'expérience prouve que, lors des premières prospections, on est amené à interpoler les résultats obtenus à un moment où les répercussions ne sont guère sensibles.

Il est assez présomptueux d'estimer qu'on pourra tirer par jaillissement un débit centuple de celui jusque là mis à jour. Sans doute de telles prévisions sont-elles basées sur le calcul de l'impluvium et des infiltrations dues aux précipitations atmosphériques, mais des pronostics de ce genre sont très décevants, surtout dans des pays aussi secs que la Libye et quand il s'agit de prévoir, non le débit naturel de la nappe, mais celui qui pourra être obtenu par artésianisme.

On peut d'ailleurs remarquer que, sauf à Hon et Ghadamès, où il s'agit de cas spéciaux, la plupart des forages sont à une cote relativement basse sans que les débits unitaires aient jamais été importants : les possiblités de développement apparaissent donc, à priori, comme assez réduites, d'autant plus qu'en raison de la profondeur notable des forages, on doit fixer à un chiffre relativement élevé le débit au-dessous duquel l'exécution de nouveaux puits cesse d'être payante.

L'effort italien en Libye a été remarquable, mais il s'est effectué dans des conditions telles que les conclusions qu'on en peut tirer ne sauraient guère s'appliquer à un système d'économie libérale. Il s'est agi d'une politique de prestige et, sans doute aussi, d'assurer par une colonisation rapide la satisfaction de besoins d'ordre militaire, sans qu'on ait envisagé à aucun moment la rentabilité des sacrifices consentis par la Métropole. Nous en retiendrons simplement l'importance que les Italiens apportent à obtenir le meilleur rendement possible de l'eau produite par la construction de bassins d'accumulation d'eau et d'un réseau très complet de canalisations étanches.

II. — Californie

Aux Etats-Unis, l'immense travail de mise en valeur des régions désertiques de la Californie a été l'œuvre de l'initiative privée : l'Etat, contrairement à ce que nous avons vu pour la Libye, est intervenu aussi peu que possible ; le plus souvent, il s'est contenté de donner un caractère obligatoire aux délibérations des usagers et de n'exécuter que des travaux d'une importance dépassant nettement les possibilités des particuliers. Ceci suppose un esprit d'entreprise et une formation des cerveaux qui ne paraissent pas être communément rencontrés en Algérie, et spécialement dans les Territoires du Sud, où l'élément indigène est prépondérant.

La Californie ne comprend aux Etats-Unis qu'une partie des terres irriguées, dont la superficie totale, égale à celle irriguée aux Indes, est de 8 millions d'hectares : la majeure partie des irrigations est obtenue par l'exploitation des eaux souterraines à l'aide de pompages. En 10 ans, la superficie de la Californie irriguée par pompage, a augmenté de 76 %, soit 600.000 hectares, tandis que celle des terres irriguées par gravité, diminuait de 34 %, soit 360.000 hectares. Les investissements globaux pour obtenir l'eau d'irrigation avaient absorbé, jusqu'à la crise de 1930, 450 millions de dollars dont 53 %, soit 240 millions de dollars, avaient été dépensés par la confection et l'équipement de puits de pompage.

L'exploitation de plus en plus intensive des eaux souterraines a amené la disparition progressive des puits jaillissants. En 1930, il existait encore en Californie 449 puits jaillissants donnant 250.000 l/m., contre 46.737 puits pompés produisant plus de 90 millions de l/m.; encore, les chiffres sont-ils approximatifs pour ces derniers, bon nombre d'ouvrages d'importance secondaire ayant été négligés. La Californie subit depuis quelque temps la concurrence de régions neuves, où l'utilisation des richesses aquifères du sous-sol a été moins poussée : c'est pourquoi le rôle des forages jaillissants est relativement plus important quand on consulte la statistique générale des puits aux Etats-Unis, qui nous donne 4.811 puits jaillissants produisant 2,3 millions de l/m. et 56.729 puits pompés donnant plus de 120 millions de l/m.

1° *Exagérations du pompage.*

Il n'est pas douteux que de nombreuses régions de Californie ont été « surpompées » : on a extrait bien plus d'eau que les nappes n'en absorbaient dans leur zone d'alimentation, on a vécu sur les réserves accumulées, sur les ressources momentanées dues à la compression des couches aquifères et des couches argileuses encaissantes, tandis que d'année en année s'abaissait le niveau de la nappe. Dans la vallée de Santa-Clara le plan d'eau a ainsi baissé en moyenne de 27 mètres de 1921 à 1935 (en 1915, profondeur de pompage, 10 m.; en 1921, 19 m.; en 1930, 29 m. 50; en 1931, 33 m.), tandis que dans une autre région, la perte de pression, depuis l'origine, dépassait 80 mètres.

En raison du bon marché de la force motrice, on a exploité les eaux souterraines avec une telle énergie qu'on a pu observer un certain nombre de phénomènes nouveaux, tels l'affaissement sur plusieurs pieds d'une surface importante près de San-Francisco, ou l'abaissement du niveau du sol au voisinage d'un puits, encore que ce phénomène puisse être attribué, non à des tassements causés par l'expulsion de l'eau des terrains, mais à l'extraction de sable. Dans cette région, on estime qu'une bonne part de l'eau pompée provient de la compression des argiles, éliminant l'eau qu'elles recélaient, situées au-dessous de la baie de San-Francisco.

On croit cependant que l'on n'est, aux Etats-Unis, qu'au début de la période de pleine utilisation des eaux souterraines auxquelles on aura de plus en plus recours, non seulement dans les régions arides, mais encore dans les pays à humidité généralement satisfaisante pour remédier aux désastres qu'entraînent certaines années sèches.

2° *Comparaison des barrages-réservoirs avec les nappes souterraines.*

Les nappes souterraines sont des réservoirs que la nature a mis gratuitement à la disposition de l'homme. Leurs capacités sont infiniment supérieures à celles de la plupart des barrages artificiels édifiés à grands frais : de plus, l'eau y est en bonne partie à l'abri de l'évaporation. Dans les pays secs, elles assurent la con-

centration dans l'espace et la répartition dans le temps, c'est-à-dire en saison chaude, de pluies insuffisantes, rares et irrégulières, inexistantes lorsqu'on en éprouve le plus grand besoin. Ces réservoirs naturels souterrains présentent encore un certain nombre de supériorités sur les barrages-réservoirs : il n'est pas nécessaire de faire de coûteux travaux de distribution, car il suffit d'assurer une élévation verticale de l'eau; il est souvent difficile de trouver un emplacement convenable pour un barrage ; les dimensions du réservoir naturel permettent d'accumuler l'eau non seulement d'une partie de l'année à l'autre, mais d'un cycle d'années humides à un cycle d'années sèches. Les nappes ne sont pas affectées comme les barrages par les tremblements de terre. Par contre, tandis qu'il est possible d'obtenir de l'énergie par la construction de barrages, sauf cas exceptionnels où, grâce à des pressions très fortes, on peut actionner des turbines à l'aide d'eaux artésiennes, comme dans le New-Dakota, l'exploitation des eaux souterraines exige de grosses dépenses de force. Il est donc rationnel d'utiliser de pair les deux procédés.

Le but auquel l'on doit tendre est qu'aucune goutte d'eau ne quitte le pays pour aller se perdre inutilement dans la mer.

3° *Remèdes à l'appauvrissement des nappes.*

Quoi qu'il en soit, le pompage exagéré pratiqué dans certaines régions, non seulement grevait l'irrigation des propriétés de charges excessives et sans cesse croissantes, mais encore devait entraîner finalement la ruine générale par manque d'eau dû à l'épuisement des réserves souterraines. Les propriétaires des régions menacées s'unirent en associations, en vue de rechercher un remède à cette situation, comme ils étaient déjà assemblés en coopératives pour la vente des produits.

Des études systématiques furent pratiquées par des techniciens remarquables en vue de déterminer les bassins d'alimentation des nappes et d'établir un bilan des eaux de chaque vallée.

On put constater que les cônes d'alluvions, aux flancs des montagnes, où se produisaient surtout des infiltrations alimentant les nappes, étaient de constitutions très diverses, et qu'au surplus, en zone désertique, il fallait des pluies importantes et prolongées pour assurer une alimentation directe des couches aquifères. Les rivières plus ou moins intermittentes furent également jaugées de

façon systématique pour évaluer les débits fournis au sous-sol. On put enfin établir qu'il existait des nappes importantes à réalimentation très faible et dont l'épuisement ne pouvait être que rapide.

La conclusion de toutes ces études géologiques et hydrologiques fut qu'il fallait fournir artificiellement de l'eau aux couches aquifères dans des régions déterminées, variables suivant la perméabilité des terrains composant les cônes d'alluvions.

On essaya de favoriser l'infiltration des eaux par des ouvrages dans les lits des torrents, on alla même jusqu'à scarifier certaines parties de leurs cours après chaque crue, pour faciliter l'absorption

Mais les deux procédés les plus employés sont les suivants : on établit des petits barrages à proximité des terrains les plus perméables assurant l'alimentation des nappes : les eaux de crue sont dirigées vers des fossés creusés à la charrue et dont la pente est suffisante pour que le limon ne puisse s'y déposer, elles pénètrent dans des sillons d'où elles peuvent déborder, exactement comme si l'on voulait irriguer : on cherche à avoir une certaine accumulation d'eau derrière le barrage pour permettre le dépôt d'une partie du limon, car plus l'eau est claire et plus l'opération est économique et satisfaisante. L'autre méthode, dite « des bassins », consiste à entourer une certaine surface du sol perméable d'une levée de terre faite à la charrue, et destinée à transformer cette surface en bassin. L'eau de crue aussi claire que possible est introduite dans ces bassins : on estime que la teneur limite des eaux en limon est de 0,4 décimètre cube par mètre cube, ce qui correspond à une décantation de 2 à 10 jours : il y a intérêt à conserver la végétation qui couvre le sol, car l'infiltration est deux fois plus rapide que sur un terrain nu. Il faut exécuter des hersages répétés pour détruire le colmatage du sol.

A titre d'exemple, l'utilisation de 33 bassins absorbant une lame d'eau de 60 mètres d'épaisseur par an, soit un volume de 16 millions de mètres cubes, a permis dans la vallée de Santa-Clara de relever au bout d'un certain temps le niveau de pompage de 24 mètres par endroits. La région où sont installés les bassins est restée suffisamment perméable sans qu'aucun nettoyage ait été pratiqué en six ans : l'absorption n'a que peu diminué. Les économies réalisées sur le pompage, dès la première année, ont été triples du montant des travaux de réalimentation.

Les quantités d'eau circulant dans la nappe étant plus élevées,

la pente de la surface libre est bien plus forte, de sorte que, pour éviter la transformation de certaines bonnes terres en marécages, on est obligé parfois de rabattre la nappe aquifère par une ligne de puits en amont de la zone menacée.

On est arrivé dans certaines régions à placer les terrains où s'effectue l'alimentation artificielle de telle façon que les eaux infiltrées pendant la mauvaise saison parviennent six mois après, donc lors des chaleurs, aux puits qui assurent les irrigations. Cette arrivée de l'eau supplémentaire se traduit par un relèvement du plan d'eau dans les puits. Dans ce procédé, la nappe joue à la fois le rôle d'accumulateur et de canalisation.

On a songé à utiliser, pour absorber l'eau, des puits au lieu de surfaces à l'air libre. Les résultats obtenus ont été très variables. En général l'eau n'est pas assez décantée et l'on obtient un colmatage rapide du puits dû, soit au limon, soit au développement de colonies de bactéries : les quantités d'eau absorbées décroissent rapidement. Ce procédé peut être d'un bon rendement si les terrains sont très perméables, et il offre l'avantage de permettre l'alimentation de la nappe en l'un quelconque de ses points, et non uniquement à ses affleurements comme avec les autres méthodes. Il devrait avoir un bel avenir.

Il est assez curieux de rappeler qu'on a calculé que les barrages-réservoirs d'Algérie seraient assez rapidement comblés, de sorte qu'on aurait ainsi constitué des nappes artificielles dont la capacité serait de l'ordre de 20 % de celle du réservoir initial, compte tenu de la porosité des sédiments.

4° *Réalisation du pompage.*

En principe, chaque propriétaire a au moins un puits de pompage, équipé d'une pompe verticale électrique : l'électricité est distribuée par un réseau ou fabriquée à la ferme par un groupe Diesel-alternateur. En Californie, pays de barrages et de pétrole, l'énergie est toujours très bon marché. Ainsi, en ce qui concerne l'exploitation proprement dite des eaux souterraines, la coopération est certainement bien moins poussée que dans beaucoup d'autres branches. Il existe toutefois des coopératives qui fournissent à leurs membres de l'eau proportionnellement aux parts qu'ils ont souscrites : parfois ce sont des entreprises privées qui vendent l'eau, encore que le procédé soit bien plus fréquemment utilisé

pour l'eau provenant des barrages. On arrive à élever l'eau de 50 mètres et à la refouler d'autant sans parvenir à des prix prohibitifs pour l'eau d'irrigation.

Ce serait une erreur de croire que tous les puits sont bien faits : plus de 50 % sont encore creusés avec des appareils au câble qui ne permettent pas un captage convenable. Mais ici c'est essentiellement le propriétaire qui est puni de sa recherche du moindre prix de revient par suite de la durée réduite de l'ouvrage : en raison de l'absence de nappes phréatiques salées et de l'exploitation intensive de toutes les couches aquifères, on est sûr que l'eau s'échappant par des fuites des puits sera récupérée.

Cette forme d'exploitation individuelle a amené la plupart des inconvénients que la multiplication de forages mal faits avait causés dans l'Oued Rir'. Aussi des mesures législatives sont-elles finalement intervenues pour empêcher les abus d'exploitation.

5° *Réalisation des irrigations et du drainage.*

De plus en plus les puits récents sont des puits bien faits à massif de gravier, car, d'une part, les intéressés ont pu se rendre compte de leurs avantages et, d'autre part, le développement des fortunes rend plus acceptable l'emploi d'une méthode conduisant à des frais de premier établissement plus importants. Il y a également tendance à la création de puits coopératifs et d'associations d'irrigation de plus en plus étendues qui s'occupent même d'obtenir des sources d'énergie aussi économique que possible.

L'eau ainsi extraite du sous-sol est presque toujours amenée aux lieux d'utilisation par des canalisations enterrées en ciment où, de place en place, des regards avec clapets de fermeture permettent l'écoulement de l'eau.

Le prix de revient des irrigations varie de 35 à 60 dollars, soit 1.500 à 2.500 francs par hectare, chiffre supérieur à celui trouvé pour le Sud dans un exemple précédent. La différence est inférieure à celle que l'on pouvait attendre eu égard aux inégalités dans les conditions de pompage. Les taux d'irrigation sont plus faibles parce que l'eau est douce et que, de plus, on n'arrose que lorsqu'on a scientifiquement déterminé le moment où il fallait irriguer. Dans le Sud, où l'eau est très chargée en sels, il faut des volumes d'eau plus considérables, et il est très difficile de fixer exactement le moment où il conviendrait d'arroser.

Dans les régions de la Californie où, par suite de phénomènes divers, la remontée des sels est à craindre, le drainage fait l'objet de soins spéciaux qui entraînent parfois des frais du même ordre que ceux d'irrigation : canaux de colature profonds et évacuation des eaux usées, parfois, par pompage. Dans le Sud l'importance des « khandegs » est parfaitement connue : l'entretien n'en est pas moins souvent négligé par les indigènes, de sorte que le niveau de la nappe phréatique est trop voisin de la surface du sol.

En résumé, l'aménagement rationnel de l'exploitation des eaux souterraines tend de plus en plus à être réalisé par des associations qui se préoccupent d'éviter que les prélèvements ne dépassent l'alimentation, de façon à conserver une profondeur de pompage acceptable.

Fréquemment la fourniture des eaux d'irrigation est assurée par les soins d'une coopérative susceptible d'obtenir de meilleures conditions pour l'exécution des travaux et la fourniture de l'énergie indispensable.

L'Etat n'intervient en général que pour rendre obligatoires les conventions recueillant l'adhésion de la plupart des propriétaires, et pour mettre à la disposition des usagers des techniciens qui indiquent les travaux nécessaires.

La distribution de l'eau se fait par des canalisations étanches et, en général, par tubes enterrés de façon à éviter toute perte d'eau, tout en lui conservant ses principales qualités de température et de pureté.

Le drainage fait l'objet de préoccupations égales à celles de l'irrigation, chaque fois qu'il est nécessaire.

III. — Dakota

Le Dakota comprend deux Etats des U. S. A. : le North Dakota et le South Dakota; sous leur territoire s'étend une couche de grès, le « Dakota Sandstone » appartenant à la base du crétacé supérieur, dont la puissance n'excède que rarement 30 mètres. Ce grès, d'époque voisine de celle de l'Albien, est parfois pétrolifère, mais il est surtout la source de nombreuses alimentations en eau potable : environ 16.000 municipalités, usines ou fermes en retirent l'eau qui leur est nécessaire, sur une superficie de 100.000 km^2.

Les Etats du Dakota sont les principaux exploitants de cette richesse naturelle, à laquelle participent néanmoins d'autres Etats

voisins. Les puits donnent des débits unitaires relativement peu élevés eu égard aux hauteurs piézométriques considérables qu'on a enregistrées : le maximum de 172 mètres de pression au-dessus du sol a été relevé près de Page (No. Dakota), le jaillissement initial n'étant que de 3.000 l/m.

Naturellement, l'exploitation de cette richesse naturelle a été inconsidérée et, en peu de temps, la pression des forages les mieux situés a baissé de moitié, leur production ayant subi une chute égale. La superficie où les puits étaient jaillissants a considérablement diminué.

Les causes de cette situation sont toujours les mêmes : gaspillage de l'eau, multiplication de puits mal faits. Le Service géologique du North Dakota a signalé que beaucoup de puits n'étaient pas étanches dès leur confection, quant aux autres, ils le devenaient rapidement par suite de l'attaque des tubages par la rouille; fréquemment, l'eau artésienne sous forte pression s'écoulait à l'extérieur des tubages, échappait à tout contrôle, et créait des lacs, source de fortes pertes d'eau, qui, de plus, par concentration des sels contenus dans l'eau, rendaient de vastes étendues impropres à toute culture. En outre, de nombreux propriétaires qui en avaient la possibilité, laissaient couler leurs puits à plein débit, au lieu d'arrêter le jaillissement quand ils n'avaient plus l'utilisation de l'eau produite.

Le Service géologique du North Dakota prit l'initiative de faire voter une loi sur les eaux souterraines; il fut suivi par le South Dakota qui adopta des textes identiques, puis par les autres Etats voisins.

En raison de la similitude de la situation du Dakota avec celle de l'Oued Rir', il nous paraît intéressant de donner la traduction de cette loi, de conception purement américaine, qui fut votée le 10 mars 1921 et modifiée le 13 février 1925.

Loi de conservation

La présente loi de préservation et de contrôle des eaux artésiennes de l'Etat a été adoptée par l'Assemblée Législative de l'Etat du North Dakota.

Article premier. — Toute personne, société par actions, association ou corporation, propriétaire ou ayant le contrôle d'un fonds

où est situé un puits artésien ou jaillissant devra, dans les 60 jours du vote de la présente loi, munir chaque puits de ce genre d'une ou plusieurs vannes capables de contrôler la décharge de ce puits et maintenir des dites vannes réglées de sorte qu'il ne s'échappe que le débit d'eau nécessaire à la satisfaction des besoins du propriétaire ou de la personne ayant le contrôle du dit fonds, étant entendu cependant qu'en hiver ce débit devra permettre d'empêcher le puits de geler et qu'en pareil cas on laissera un débit suffisant pour empêcher l'arrêt du puits. Il est précisé que le propriétaire d'un puits artésien de ce genre sera tenu, à l'aide de la construction d'un réservoir ou de tout autre procédé, d'empêcher la production de ce puits de s'écouler sur les terrains avoisinants ou dans les fossés de toute route principale, sauf s'il s'agit de fossés de drainage régulièrement établis.

Article 2. — Toute personne, société par actions, association ou corporation qui exécutera un puits artésien ou jaillissant, forera un trou régulier de petit diamètre dans le toit de la nappe pour y encastrer exactement le tubage et devra employer tous les moyens possibles pour sceller le tube d'exploitation, de sorte qu'aucune partie du jaillissement ne puisse s'échapper autour de lui. On n'emploiera ni dynamite, ni d'autres explosifs pour pénétrer à travers le toit de la nappe aquifère; cette défense ne s'applique pas à la rencontre de blocs de pierre, de granite ou d'autres obstacles dans des étages non aquifères. Là où la partie supérieure des couches aquifères d'un puits donné est composé de terrains tendres et éboulcux et donne un débit chargé de boue ou de sable, le sondeur ne doit pas finir le puits à ce niveau, mais doit reconnaître les terrains en approfondissant le forage de 5 à 25 pieds (1 m. 50 à 7 m. 50) au moins, ou davantage si le propriétaire le désire, de façon à placer une extrémité du tubage dans un grès de bonne tenue, à éviter un débit d'eau trouble et, ainsi, à pouvoir régler ce débit. Une fois la couche solide déterminée, le sondeur y placera, à la base du tube de jaillissement, une crépine en matière non corrosive présentant de nombreuses petites perforations de façon à obtenir de l'eau claire et pure et à éviter tout colmatage. Si le propriétaire le désire, le sondeur doit mettre en place une vanne au-dessous du niveau atteint par les gelées, avec une commande arrivant à la surface du sol, de sorte qu'on puisse fermer entièrement le puits à volonté; il doit également prolonger le tubage extérieur ou de surface et le fixer solidement dans de la

marne ou de l'argile dure sur une longueur suffisante pour éviter un écoulement autour du tubage. Il devra fermer l'espace entre le tubage et le tube de jaillissement.

Article 3. — Dans le cas de puits neufs, dans un terrain tendre quelconque où le sable, l'argile ou tout autre sédiment peut causer un colmatage, la vanne peut être laissée ouverte bien que le débit du puits se soit suffisamment éclairci : le débit sera ensuite ajusté aux conditions normales. Cette loi s'appliquera à tous les puits « sauvages » (non jugulés) ou hors contrôle résultant de l'attaque des tubes par la rouille, d'une mauvaise exécution, etc... Cependant, s'il est déterminé que de tels puits ne peuvent être réparés, aucune vanne n'y sera montée, mais le propriétaire fera tous ses efforts pour les fermer, les boucher ou en arrêter le débit, quand, de l'avis du géologue de l'Etat, le préjudice causé est faible par rapport aux frais de réparation. Les vieux puits qui pourraient être endommagés par l'application de telles mesures doivent être réparés le plus tôt possible et réglés ensuite.

Article 4. — Le propriétaire d'un puits artésien ou jaillissant, ou la personne qui en a le contrôle, qui laisserait débiter ce puits sans vanne ou sans faire d'effort suffisant pour en limiter la production, ainsi que l'exige la loi, ou sans réparer les tubes d'exploitation, les vannes, etc., ou qui interviendrait pour modifier le réglage imposé par l'autorité compétente, ou qui gaspillerait de l'eau, ou qui permettrait à l'eau de s'écouler sur les terres d'un voisin ou dans des fossés longeant une route principale, sauf s'il s'agit d'un fossé de drainage régulièrement établi, ou qui entrerait en discussion avec tout fonctionnaire dûment autorisé à inspecter le puits, à en mesurer le débit ou la pression, sera coupable d'une faute et, par suite, puni d'une amende de 5 $ au moins et de 50 $ au plus, à la discrétion du tribunal. Les mesures de cet article s'appliquent également aux fonctionnaires du domaine responsables des puits appartenant à l'Etat, aux comtés, aux villes ou municipalités.

Article 5. — Les agents des comtés ou des municipalités dresseront une liste de tous les puits artésiens ou jaillissants de leurs districts respectifs, chaque année, au moment de l'établissement de l'assiette de l'impôt, en indiquant le quartier où se trouve chaque puits, le propriétaire, son adresse, et autant que possible, le diamètre, la profondeur de la venue d'eau principale et le débit.

Ces données seront envoyées par l'auditeur des comptes du comté au géologue de l'Etat ou à son représentant. Désormais, pour les nouveaux puits jaillissants, le sondeur devra fournir au géologue de l'Etat ou à son représentant une fiche contenant toutes les indications précédentes et toutes celles possibles sur les terrains rencontrés. Ceci devra être fait dans les deux semaines suivant la fin des travaux.

Article 6. — Le géologue de l'Etat ou son représentant assumera l'inspection et la supervision des eaux de l'Etat et avertira les particuliers des mesures concernant les eaux souterraines de l'Etat. Ce sera sa mission de conseiller les propriétaires, de discuter avec eux et de les aider à obtenir le contrôle de leurs puits et leur meilleure utilisation. Il choisira au moins 3 puits jaillissants témoins par comté ayant ce nombre de puits, et autant en plus qu'il le jugera utile; il fera enregistrer leurs débits et pressions de temps à autre pour suivre autant que possible le déclin, les fluctuations ou la permanence des débits artésiens et aussi pour projeter et mener telles autres recherches qu'il pourra juger utiles en vue de déterminer la meilleure méthode pour accroître l'utilité des eaux souterraines. Il enregistrera les emplacements, dimensions, profondeurs, types d'écoulement, débits, caractères de l'eau, exécutions et historiques de tous les puits artésiens de l'Etat et les reportera sur des fiches à la disposition du public. Il requerra le renforcement de toutes les lois concernant les eaux artésiennes et phréatiques de l'Etat. Il publiera de temps en temps, quand il le jugera nécessaire, des bulletins contenant des informations relatives aux puits artésiens et aux nappes phréatiques de l'Etat. Le géologue de l'Etat, l'ingénieur de l'Etat et le superintendant de comté pour les écoles de la région où est placé un puits fixeront, à la majorité des voix, telles règles supplémentaires qu'ils jugeront raisonnables à son sujet: chacun recevra 10 $ par jour et ses frais de déplacement réguliers.

Article 7. — L'application de cette loi sera assurée par le géologue de l'Etat ou son représentant qui sera un spécialiste, au courant du contrôle des débits et pressions ainsi que des méthodes d'édification des puits artésiens. Il sera réservé, sur les fonds de l'Etat qui n'ont pas d'autre destination, la somme de 2.500 $ tous les deux ans, pour l'application de la loi. Appel des commandements du géologue pourra être fait dans les 5 jours devant une

chambre d'arbitrage composée de l'ingénieur de l'Etat et de l'assistant du géologue de l'Etat, laquelle examinera à nouveau la question et donnera des ordres définitifs.

Article 8. – Le représentant du géologue de l'Etat sera appointé par celui-ci, pourra être révoqué pour raison motivée et son salaire sera de 10 $ par jour, majoré des frais de déplacement effectifs.

Article 9. — Application. Partout où il y aura lieu, cette loi aura pleine vigueur et effet après son vote et sa promulgation.

La loi fut accueillie très favorablement, aussi bien par les sondeurs que par les propriétaires de puits. Les mesures de coercition prévues ne furent appliquées qu'après échec de toutes les tentatives de persuasion, ce qui assura le succès des mesures prises, car « la force de l'approbation publique rend plus facile l'applica- « tion de la contrainte contre ceux qui persistent à violer la loi ».

Il convient de souligner que les pénalités prévues étaient relativement modestes : il s'agit en fait de sanctions d'ordre moral, ce qui est bien dans l'esprit de la loi. Si l'importance de ces sanctions est inférieure à celle des amendes prévues par le décret-loi du 30 octobre 1935, compte tenu des adoucissements résultant de la possibilité d'application de l'article 463 du Code pénal, la raison en est que les eaux sont bien moins précieuses dans le Dakota que dans les Territoires du Sud. En Amérique, il s'agit surtout de lutter contre la négligence des propriétaires, et non comme dans le Sahara de refréner des tentatives en vue de s'approprier irrégulièrement une eau qui est la source de toute richesse. Il convient du reste de souligner qu'il n'a, jusqu'à présent, jamais été fait usage des foudres que le législateur a forgées : on doit donc estimer que les sanctions prévues pour réprimer les infractions à la législation des eaux souterraines dans le Sud sont suffisantes. Peut-être n'est-il pas déplacé de rappeler ici que les contrevenants aux règles édictées en Australie en périodes de sécheresse sont passibles d'amendes élevées, de peines de prison pouvant atteindre cinq ans et même de « hard labour ». La rigueur de la répression est proportionnée à la valeur de l'eau et à l'importance des résistances possibles aux ordres des représentants de la puissance publique.

Sans doute la mise en œuvre des mesures édictées au Dakota par la loi précitée ne fut-elle pas immédiate, mais le but visé fut

finalement atteint par suite d'une action tenace du Service géologique.

Grâce à la coopération des sondeurs, des propriétaires et des agents de l'Etat, on estime que le gaspillage qui atteignait 90 % des quantités d'eau produites a été diminué de 75 %. Les anciens puits ont été pour la plupart arrangés, ou bouchés ; les jaillissements de puits « sauvages » hors contrôle ont été arrêtés aux frais des propriétaires ou, dans le cas où les frais étaient prohibitifs, avec l'aide des comtés et municipalités. Le résultat ne s'est pas fait attendre, de nombreux puits ont recommencé à jaillir : l'œuvre est poursuivie.

Bien que les conditions du sous-sol du Dakota soient exceptionnelles et permettent l'utilisation de techniques de forage assez primitives, il est frappant de constater les résultats obtenus par des méthodes de persuasion qui rappellent celles en usage dans le Sud. On peut espérer que dans l'Oued Rir', dont la situation hydrologique rappelle beaucoup celle du Dakota, l'application de mesures analogues, préconisées d'autre part, assurera également une nette amélioration de la situation.

QUATRIÈME PARTIE

CONCLUSIONS

Nous parvenons au terme de cette étude dont le but a été de rechercher les mesures les plus propres à amener la prospérité dans le Sud.

Il convient de retirer les ressources nécessaires à la mise en valeur des régions déshéritées de celles où la situation est satisfaisante. Il est donc logique de commencer par réparer les dommages causés par la multiplication des forages et une exploitation inconsidérée des eaux artésiennes ; dans un deuxième stade il sera possible de rechercher d'autres richesses aquifères et d'en assurer une utilisation convenable.

I. — Aménagement des eaux souterraines connues

Pour réparer les erreurs passées il faut panser les blessures de la terre par lesquelles se perd inutilement l'eau circulant dans les artères du sous-sol. Il y a donc un problème technique et un problème de réalisation pratique à résoudre, car, après avoir défini les travaux à effectuer, il s'agit d'avoir les moyens nécessaires pour les réaliser.

1° *Problème technique.*

Pour empêcher les pertes d'eau il faut boucher toutes les communications inutiles existant entre les nappes jaillissantes et les couches absorbantes du sous-sol, c'est-à-dire les anciens puits très

nombreux, à condition de les remplacer par d'autres forages, et les behars existant sur les emplacements des anciens puits effondrés

La région où la substitution de forages neufs aux vieux sondages procurera les gains les plus importants est, sans contredit, celle de Tolga, dans les Ziban. Dans le Sud de l'Oued Rir' et à Ouargla, le travail de bouchage nécessaire ne pourra être effectué que de façon concomitante avec l'aménagement du pompage. Dans les régions centrale et septentrionale de l'oued Rir', en raison des débits unitaires plus élevés des forages il est moins urgent d'agir: il suffira de combler les puits dont la production aura décliné par suite d'une évolution naturelle, au fur et à mesure de leur remplacement. Enfin à El-Goléa, c'est surtout pour des raisons de salubrité, en vue de juguler le paludisme, qu'il sera nécessaire de substituer aux puits existants d'autres susceptibles d'être fermés en hiver.

D'une façon générale, la réduction des débits en hiver doit permettre une certaine extension des irrigations en été, extension qui ne peut être précisée que par l'expérience.

En ce qui concerne les behars, il en existe deux principaux l'un à El-Berd, l'autre à El-Arfiane ; les propriétaires ont été mis en demeure d'exécuter les travaux de comblement, mais la menace n'a pas été suivie d'exécution, eu égard aux cubes de terre importants à remuer et aux circonstances économiques défavorables qui ne permettaient guère de faire supporter aux intéressés les dépenses correspondantes.

Enfin, il est des puits dont l'effondrement est attendu sans que l'Administration soit encore parvenue à faire prendre des mesures propres à éviter les inconvénients de tels accidents. Les forages menacés sont les deux plus importants de l'Oued Rir'. Le puits d'Ourir, deuxième pour son débit, donnait 22.000 l/m. : après s'être tari et avoir rejailli par intermittence, il a fini par se stabiliser à peu près à 6.000 l/m.; au cours de ces fluctuations il a rejeté environ 2.000 mètres cubes de sable et d'argile : il ne faut pas être grand clerc pour prévoir l'effondrement final, dans un avenir assez proche.

Bien que l'échéance ne paraisse pas devoir être aussi voisine pour le puits de Mraïer, dont le jaillissement est de 30.000 l/m., les mêmes craintes existent.

On peut donc regretter que, pour des motifs divers, l'Adminis-

tration ne soit pas encore parvenue à imposer les mesures indispensables, bien qu'elles soient onéreuses, en vue de protéger l'intégrité des eaux souterraines. Il convient d'ajouter que, n'étaient les difficultés actuelles rencontrées dans les approvisionnements de matériel, les solutions proposées seraient sans doute effectivement appliquées dans un proche avenir.

Il est curieux de souligner qu'à Mraïer, les propriétaires européens aient compris les risques que leur faisait courir l'état du puits, tandis que la majorité indigène, dont l'intelligence n'a pas été développée par une richesse acquise sans effort, s'abandonne au fatalisme et, voyant couler de l'eau, estime les craintes manifestées vaines ou mêmes intéressées.

Pour économiser l'eau, c'est-à-dire pour permettre une extension des plantations sans nouvelles ponctions dans les nappes artésiennes, il convient d'abord, suivant l'exemple que nous donnent tous les autres pays, d'exécuter des canalisations étanches, d'un prix de revient suffisamment modique pour en permettre la rapide généralisation.

D'autre part, la limitation des débits inutiles en hiver, ainsi que des pompages en saison froide, permettra sans doute une certaine accumulation disponible en saison chaude.

Le perfectionnement du drainage doit donner de bons résultats, puisqu'il faudra moins d'eau pour dessaler les terres.

Enfin, l'amélioration des méthodes culturales, la détermination exacte des besoins des palmiers, qui sont des questions purement agricoles sortant du cadre de cette étude, doivent également procurer des économies notables.

Dans les régions souffrant d'un déficit important d'irrigation, il est indispensable d'avoir recours au pompage. Nous avons indiqué que la solution technique du problème posé résidait dans l'exécution de puits à gravier, équipés de pompes verticales à moteur électrique.

2° *Réalisation pratique.*

Il est certain qu'un programme d'aménagements aussi considérable que celui que nous avons tracé, exige un effort financier important et la nécessité d'imposer les solutions reconnues les

meilleures, dans les cas où elles se heurteraient à l'incompréhension des populations.

De par la législation des eaux souterraines en vigueur, l'Administration détient tous les pouvoirs nécessaires pour appliquer les solutions qu'elle jugera utiles, elle en a usé jusqu'ici avec une discrétion tout à son honneur, mais parfois excessive. Il lui appartient, du reste, en même temps qu'elle pousse à la réalisation de certains travaux, de procurer aux intéressés les possibilités de suivre ses suggestions.

En raison des conditions spéciales de la propriété dans les palmeraies du Sud, il est indispensable que soient créés dans chaque oasis des groupements officiels, contrôlés, ayant des ressources connues et, éventuellement, un crédit certain, susceptibles d'être subventionnés. L'association syndicale autorisée est le groupement le plus satisfaisant, encore que sa fondation et son fonctionnement soient entourés d'un formalisme excessif. Les syndicats, relativement peu nombreux, doivent être absolument généralisés.

Nous allons voir pour quels motifs il est indispensable que dans chaque région: Ziban, Oued Rir', Ouargla, soit créé un organisme central groupant toutes les associations syndicales.

Si dans chaque oasis le syndicat doit répartir entre les usagers les eaux dont l'extraction sera autorisée, s'il doit veiller au bon entretien des khandegs, il ne lui est pas possible de financer instantanément des travaux dont il ne sentira pas toujours immédiatement le bénéfice. Or, pour payer les travaux nécessaires, nous sommes en principe opposés à un trop large appel au crédit: les indigènes n'ont que trop tendance à recourir à cette solution de paresse. Il faut l'éviter d'autant plus que les extrêmes variations dans le rapport des palmeraies amèneraient assez souvent une impossibilité de payer l'amortissement et les intérêts des prêts consentis. D'autre part, le budget des Territoires du Sud n'est pas assez riche pour subventionner dans une proportion importante les travaux qu'il y a à réaliser dans les plus courts délais. Il faut donc que, profitant des excellentes récoltes et des circonstances actuelles, qui leur ont déjà permis, quand elles le voulaient, de se libérer de leurs dettes passées, les populations du Sud se décident à investir les capitaux dont elles disposent dans des entreprises qui les intéressent au premier chef: elles ne le feront pas si on ne le leur impose pas. On peut, pour réunir les fonds nécessaires, préconiser diverses méthodes, par exemple taxe de x francs par quintal de dattes,

suivant les qualités, ou par arbre, suivant leur état ; on peut encore, vendre aux divers bénéficiaires, c'est-à-dire aux associations syndicales, à un prix déterminé, l'eau économisée ou produite. Il semble que le meilleur procédé consiste en l'adoption d'un procédé mixte : prélèvement d'une taxe, la plus juste, sur la production, et paiement de l'eau supplémentaire disponible, car il n'est pas toujours possible, pour certains travaux, tels la construction de canalisations étanches, de chiffrer ce supplément. En outre, il est indispensable que tous les syndicats mettent leurs ressources en commun pour permettre une exécution économique du programme, d'où nécessité d'un organe central qui donnera aux intéressés l'assurance que les taxes supplémentaires prélevées ne se sont pas fondues dans les caisses de l'Etat, celui-ci subventionnant au contraire des travaux dont il tirera bénéfice à de multiples titres. En effet, s'il faut dix ans pour exécuter ces travaux, il est évident qu'on ne saurait exécuter en dix fois, le réseau de canalisations, l'électrification ou les puits nécessaires dans une oasis, sans accroître énormément les dépenses. Il est donc normal d'équiper entièrement une oasis et de lui faire payer l'avantage qu'elle a eu en étant dotée avant les autres, en lui faisant supporter une certaine somme pour l'irrigation excellente obtenue, une autre part étant automatiquement perçue, grâce à l'augmentation du rapport des taxes due à une production accrue.

Quels sont les ouvrages à réaliser en première urgence ? Il n'est pas douteux que la question que nous aurions intérêt à régler dans les plus courts délais soit l'aménagement des irrigations des oasis d'Ourir et de Mraïer faisant disparaître l'épée de Damoclés que constitue l'état des gros puits irriguant ces palmeraies. Non moins pressée est la généralisation du pompage et des canalisations étanches, question connexe d'ailleurs de la première.

Quant à l'aménagement des puits dans les Ziban et à El-Goléa, il ne doit pas offrir de difficultés spéciales, les travaux pouvant être payés sans doute grâce aux débits supplémentaires mis à jour ou économisés. Plus difficile sera le financement des canalisations étanches.

A titre d'exemple, nous allons examiner *grosso modo* le problème de l'aménagement du pompage dans l'Oued Rir'.

3° *Le pompage dans l'Oued Rir'.*

La première question à résoudre est celle du prix de l'énergie. La société concessionnaire a fait un assez gros effort, puisque le prix du kilowatt-heure est très inférieur à celui en usage à Biskra, par exemple. Sans doute peut-on espérer une amélioration relative au fur et à mesure du développement de ses installations, mais le mode de production de l'électricité, par moteurs Diesel, limite les possibilités. Il paraît donc indiqué de prévoir le rattachement du réseau de l'oued Rir' vers le Nord au réseau général d'électrification qui, comme dans tous les pays, ne manquera pas de s'établir un jour en Algérie. La dépense ne semble pas devoir être prohibitive puisque sur la moitié du trajet de Touggourt à Biskra la société trouvera des clients dans les diverses oasis traversées et un appoint d'énergie à bon marché grâce aux turbines hydrauliques qu'il sera possible d'installer sur les puits de remplacement des forages d'Ourir et de Mraïr: soit près de 200 kilowatts. La distance est de 200 kilomètres et n'excède guère celle séparant Laghouat de Ghardaïa, entre lesquelles on a installé une ligne à haute tension, sans vente possible en cours de route (sauf à Berriane), pour des puissances certainement inférieures à celles dont le transport sera nécessaire pour l'Oued Rir' (environ 1.500 kilowatts). De même de Blidet-Amor, dernier point de l'oued Rir', la distance jusqu'à Ouargla n'est que de 100 kilomètres à vol d'oiseau : il semble donc préférable de ne pas construire de centrale à Ouargla.

Il existe des facilités de financement spéciales pour les électrifications.

En comptant sur une valeur du franc d'avant la guerre 1939, l'exécution, l'équipement et les essais d'un puits de pompage peuvent être estimés à 300.000 francs. Il faudrait de 150 à 200 puits, soit une dépense oscillant autour de 50 millions.

Les canaux principaux d'irrigation correspondant à une superficie de 5.000 hectares irriguée par pompage coûteraient environ 20 millions. En tenant compte des frais d'électrification, des réparations de puits à Mraïer, on arrive à une somme de l'ordre de 100 millions.

Le nombre des palmiers en production est voisin de 2 millions, produisant environ 500.000 quintaux de dattes d'une valeur

moyenne de 200 francs (elle a été en 1940 de près de 600 francs). En admettant une réalisation répartie sur 10 années, c'est donc une somme annuelle de 10 millions dont il faut disposer. Cette charge n'est nullement excessive et pourrait être facilement supportée par l'ensemble des oasiens, eu égard au fait que les impôts sont fixés non sur le revenu, mais d'après le nombre de palmiers. On n'a d'ailleurs pas hésité à imposer à la fin de la campagne 1940 une taxe extraordinaire d'exportation de 100 francs par quintal de dattes fines pour achats de lait en Suisse, laquelle, sur la production du Sud constantinois, assurerait le financement de l'aménagement de toutes les oasis productrices en quatre ans ; ajoutons que, du fait des améliorations pratiquées, les quantités de dattes produites seraient sérieusement accrues et les recettes également.

Quant à la réalisation des travaux eux-mêmes, elle ne saurait être obtenue que par des accords intervenus entre les organes groupant les syndicats de toute une région et des entrepreneurs qualifiés, l'Administration prêtant son concours pour le contrôle des travaux et, éventuellement, l'établissement des projets dans le cas où elle les subventionnerait.

Nous ne pensons pas que l'association générale ait intérêt à s'occuper de questions techniques pour lesquelles elle n'est pas qualifiée : il lui suffira d'assurer le financement des travaux, l'organisation générale, ainsi qu'une aide aux planteurs dont les jardins, spécialement en mauvais état, ne seraient pas en état de payer immédiatement les charges correspondant à l'amélioration des irrigations : il convient à cet égard de noter que, sauf cas extrême, les frais d'arrosage sont contrebalancés, dès la première année, par le supplément de récolte.

Un rôle important doit être dévolu à la société électrique toute désignée, non seulement pour amener l'électricité aux emplacements des puits avant leur exécution, mais encore pour entretenir les installations, surveiller les rendements et procéder dans ses ateliers aux réparations nécessaires. Il est possible de créer une société assurant ces irrigations et englobant la société chargée de fournir la force motrice, traitant avec les associations syndicales de chaque oasis, en vue de leur aménagement, ce qui simplifierait le financement des travaux, mais entraînerait, sans doute, des dépenses annuelles plus élevées pour les usagers.

Quel que soit le procédé utilisé, il est indispensable qu'une seule entreprise exécute la totalité des travaux et soit intéressée aux résultats obtenus dans ces régions, de façon que le matériel soit parfaitement standardisé et d'excellente qualité. Il faut absolument que soit écartée la méthode habituelle en France, de vouloir contenter plusieurs concurrents en leur partageant les commandes ; il faut aussi se rappeler que nous ne sommes plus assez riches pour nous offrir des installations à bon marché, rien ne revenant finalement aussi cher. C'est pour ces raisons que nous jugeons préférable de laisser aux usagers le soin de décider à qui ils veulent confier les travaux, ce qui est leur droit strict puisqu'ils les paient, et que, par suite, ils ne pourront être soupçonnés d'avoir eu en vue autre chose que leur intérêt.

II. — Développement des exploitations d'eaux souterraines

Il nous reste à étudier une question importante, celle des développements possibles des exploitations d'eaux souterraines pour les cultures et l'élevage.

1° *Extension des élevages.*

En année sèche les désastres que subit l'élevage pastoral des moutons est dû non au manque d'eau, mais au défaut de nourriture, car si le mouton se contente de maigres pâturages, c'est un très gros mangeur.

L'aménagement des points d'eau et la prospection des zones actuellement dépourvues de puits, faciliteront l'abreuvement des troupeaux et mettront de nouvelles zones de pâturages à la disposition des éleveurs ; mais ce n'est pas ainsi que seront sensiblement réduits les risques dus au manque de pluie.

2° *Extension des cultures.*

Nous avons déjà vu qu'un aménagement convenable des irrigations dans les oasis existantes doit permettre dans nombre d'elles un accroissement sensible des surfaces plantées.

Nous avons déjà indiqué qu'à la création de puits neufs cor-

respondaient des répercussions sensibles sur les débits des ouvrages voisins. Le gain de débit net est variable suivant les régions. On peut admettre qu'à Ouargla le creusement d'ouvrages destinés à la création de palmeraies nouvelles par jaillissement libre est une hérésie, que dans certaines parties de l'oued Rir' on peut encore obtenir des bénéfices d'eau appréciables, et que c'est dans la région de Tolga que les nappes permettent le mieux une exploitation plus poussée. Il n'est pas question ici de puits tirant leur eau de l'Albien, dont les réserves supporteraient une utilisation bien plus intensive.

En général, dans le Sud constantinois, il est vain d'espérer obtenir de l'eau nouvelle sans porter atteinte par nouvelle œuvre au droit des tiers : tout au plus peut-on entrevoir la possibilité, par une plus profonde connaissance des nappes, de placer les forages de façon à avoir, relativement, le minimum d'influence.

Dans ces conditions, le seul procédé pour éviter de dépouiller les uns au profit des autres consiste à avoir des répartitions de débit par oasis et non plus par puits : en effet, les répercussions étant maxima à l'intérieur des oasis, la plus grande partie du mal serait réparée. On pourrait même envisager des compensations entre oasis, de sorte que l'on autoriserait l'exécution d'un ensemble de puits tel que les gains nets de débit pourraient compenser les dépenses qu'entraînerait l'exécution des travaux. On amènerait ainsi à coïncider les deux notions actuellement très éloignées de limite d'exploitabilité des nappes aux points de vue de l'intérêt particulier et de l'intérêt général. Pour cette raison encore, on est enclin à prôner la création d'associations dans chaque oasis, qui permettra, sans injustice, de pousser l'exploitation des eaux souterraines jusqu'à leur limite économique.

On ne peut guère espérer que les procédés préconisés ci-dessus amèneront un développement encore considérable des superficies complantées : il s'agit essentiellement de faire prospérer ce qui existe, et c'est déjà beaucoup, si l'on songe que de 1856 à 1940 les débits sont passés de 52.000 l/m. à 320.000 l/m., le nombre des palmiers de 360.000 à 2 millions et celui des habitants de 5.000 à plus de 40.000.

Comme dans toute affaire bien gérée, il conviendrait toutefois, avant d'en avoir terminé avec l'aménagement du Sud constantinois,

de prospecter le sous-sol de façon à y découvrir à temps, pour en établir les plans d'exploitation, de nouvelles richesses aquifères.

D'ores et déjà nous sommes certains de pouvoir exploiter de façon bien plus intense, et avec des répercussions minimes, l'Albien là où il est déjà utilisé. La région d'El-Goléa, le Tidikelt, et, sans doute, le Touat-Gourara, en combinant puits et foggara dans une unité d'exploitation, sont certainement susceptibles d'un essor qui, pour un certain nombre d'oasis, sera considérablement accru par la construction du Transsaharien.

Mais si l'Albien est à Touggourt et Ouargla à une profondeur supérieure à 900 mètres, bien au delà de la limite économique d'exploitabilité des eaux, fixée à 600 mètres aux Etats-Unis, à Ghardaïa il est atteint à 300 mètres, mais il faut élever l'eau en la pompant vers 60 mètres de profondeur, de sorte qu'on peut être assez sceptique sur son utilisation normale pour les irrigations, à moins que, grâce aux puits à la nappe phréatique, la même eau puisse servir plusieurs fois. Il est donc permis de penser qu'il existe à l'intérieur de ce triangle, ou plus exactement, d'une zone indéterminée, des régions où l'Albien serait atteint à une profondeur raisonnable tout en donnant des jaillissements notables. C'est un projet cher à M. Rème, Directeur du Service des Travaux Publics des Territoires du Sud que de jalonner l'Albien suivant une ligne de plus grande pente de façon à en établir, à l'Est de Ghardaïa, une coupe ainsi que la forme de la surface piézométrique.

III. — Résumé

L'Administration est armée de pouvoirs suffisants, pour pouvoir ramener, en collaboration avec les intéressés, la prospérité dans le Sud. Ayant établi la possibilité technique d'effectuer les travaux dont elle a déterminé la consistance, il lui reste encore à créer les organes qui, sous son contrôle et sur ses plans, assureront le financement et l'exécution des travaux. Sans se substituer à l'initiative privée, chaque fois où celle-ci sera compatible avec l'intérêt général, il lui sera possible, dans les cas nombreux où elle est déficiente, d'obtenir les réalisations jugées nécessaires.

Si l'Etat est généralement bon technicien, il est moins bon entrepreneur et déplorable commerçant. Dans l'organisation envi-

sagée, il semble que soit réservé à chacun le rôle pour lequel il est le mieux doué.

L'Administration pourra, comme par le passé, et même avec plus de facilité, en raison de ses disponibilités accrues par l'essor des contrées du Sud, obtenu sans apport de capitaux étrangers, se vouer à son rôle d'animateur et de prospecteur, en vue de la découverte de procédés techniques nouveaux et de richesses nouvelles qui finissent par bénéficier à la collectivité.

Sans prétendre que la solution envisagée soit la seule possible, nous croyons qu'elle permettrait de réaliser, grâce à un ensemble harmonieux de mesures juridiques, techniques et économiques, en éliminant autant que faire se pourrait le facteur politique, source de troubles et d'injustices, une amélioration sensible dans l'exploitation présente et future des eaux souterraines : il en résulterait un mieux-être des populations dont cette exploitation assure l'existence et devrait garantir la prospérité.

Vu : *Le Président de Thèse,*

BOUSQUET.

Vu : *Le Doyen,*

P. CHAUVEAU.

Vu et permis d'imprimer :

Alger, le 23 avril 1941.

Le Recteur,

Georges HARDY.

BIBLIOGRAPHIE

Brunhes J. — L'irrigation, ses conditions géographiques, ses moyens et son organisation dans la Péninsule ibérique et dans l'Afrique du Nord. Paris, C. Naud, in-16.

— La Géographie humaine, 4e édition.

Tome I. Les faits essentiels, groupés et classés. Principes et exemples.

Tome II. Monographies, liaisons avec les disciplines voisines.

Tome III. Illustrations hors-texte. Paris, Félix Alcan, 1934.

— Les irrigations dans la région aride des Etats-Unis (*Annales de Géographie*, IV, 1894-1895).

— Les oasis du Souf et du Mzab comme types d'établissements humains (La Géographie, V, 1902).

Bruno H. — Contribution à l'étude du régime des eaux en droit musulman. Paris, Arthur Rousseau, 1913, in-8, 199 p.

Capot-Rey. — L'Oued Rir' (*Annales de Géographie*, 1925, p. 53-59).

Crema. — Il problemi idroligici della Libia. Atti del primo Congresso di Studi Coloniali, Firenze, 1932.

Coudray la Blanchère (Du) R. M. — L'aménagement de l'eau et l'installation rurale dans l'Afrique ancienne, Paris, Imprimerie Nationale, 1895, in-16.

Darbon G. — De la propriété des eaux en Algérie. Alger, Bastide, 1858, in-4.

Despois J. — Le Djebel Nefoussa. Larose, éditeurs, 11, rue Victor-Cousin, Paris.

— La Colonisation italienne en Libye. 1935. Larose, éditeurs, 11, rue Victor-Cousin, Paris.

Dru L. — Extraits de la mission de M. le Commandant Roudaire dans les Chotts tunisiens (1878-1879). Typographie Georges Chamerot, 19, rue des Sts-Pères, Paris.

Feliu E. — Le régime des eaux dans le Sahara constantinois. Blida, Mauguin, 1896, in-16.

Fantoli. — Le acque sotteranee en Tripolitania. Rassigna economica del Mino della col., 1931.

Gauthier E. F. — Le Sahara. Paris, Payot, 1923, in-16.

Gouvernement Général de l'Algérie (Direction des Territoires du Sud).

— Les Territoires du Sud de l'Algérie. Exposé de leur situation, publié par ordre de M. Steeg, Gouverneur Général de l'Algérie.

1re partie. Ce qu'ils sont, pourquoi ils ont été créés. Alger, Carbonel, 1922, 1 vol. in-16.

2e partie. L'œuvre accomplie, 1er janvier 1903-31 décembre 1921. Alger, Carbonel, 1922, 1 vol. in-16.

3e partie. Essais de Bibliographie.

— A l'occasion du Centenaire de l'Algérie : Les Territoires du Sud. Alger, P. et G. Soubiron, 1930.

1re partie. Ce qu'ils sont, pourquoi ils ont été créés.

2e partie. L'œuvre accomplie, 1er janvier 1903-31 décembre 1929.

3e partie. Essai de Bibliographie.

5e partie. Programme d'action économique pour une période de dix années à partir de 1930.

Annexe : Cartes.

Gouvernement Général de l'Algérie. — Territoires du Sud.

— Semaine du dattier en 1931. Imprimerie Imbert, Alger.

— Congrès du palmier-dattier, par A. Rozis. Ancienne Imprimerie Heintz, Alger.

— Journées du dattier en 1933. Imprimerie Imbert, Alger.

Gouvernement Général de l'Algérie (Direction des Travaux Publics, des Chemins de fer et des Mines). Office Algérien d'Action Economique et Touristique (O.F.A.L.A.C.). Ancienne Imprimerie Heintz, Alger.

— Mission Algérienne Agricole et Commerciale aux Etats-Unis (mai-juin 1932).

1. Rapport Général par M. Joseph Robert.

II. Rapport technique sur les cultures fruitières, par M. J. Brichet.

III. Rapport sur l'organisation du commerce des fruits et des primeurs, par M. Maurice Cardinal.

IV. Rapport sur les irrigations aux Etats-Unis, par M. R. Martin.

V. Etude comparée de la production fruitière en Californie et en Algérie, par M. Gustave Pélegri.

Gouvernement Général de l'Algérie. (O.F.A.L.A.C.).

— Le Dattier dans les oasis des Ziban et de l'Oued Rir', par le Prof. Emile Perrot. Centre de documentation technique et économique sur les plantes médicinales, aromatiques et similaires.

Gsell Stéphan. — Enquête sur les travaux hydrauliques anciens en Algérie. Imprimerie Nationale, Paris, 1902.

Hamel L. — Du régime des eaux en Algérie. Alger, Jourdan, 1888, in-8.

Italie. — La Renascita della Tripolitana. Mendadori, 1926, Milano.

Jus H. — Les forages artésiens de la province de Constantine (Algérie). Résumé des travaux exécutés de 1856 à 1878. Paris, Imprimerie Nationale, 1878, in-8.

— Les oasis de l'Oued Rir' en 1856 et 1880, suivi du résumé des travaux de sondages exécutés dans le département de Constantine de 1879 à 1880. et de la production annuelle des oasis de Biskra à Ouargla, 3e édition. Paris, Challamel aîné, 1881, in-8.

— Les forages artésiens de la province de Constantine. Résumé des travaux exécutés de 1856 à 1889. Constantine, Marle, 1890, in-8.

Keilhack. — Lehrbuch der Grundwasser und Quellen Kunde. Verlag von Gebrüder Borntraeger W. 35 Schöneberger Ufer 12 a. Berlin, 1935.

Larcher. — Traité élémentaire de législation algérienne, 3e éd. Paris, Rousseau, 1911, 3 vol. in-8.

Martel. — Nouveau traité des eaux souterraines. Paris, Doin, éditeur, 1921.

Morand M. — Etudes de droit musulman algérien. Alger, 1910, Jourdan, in-16.

— Introduction à l'étude du droit musulman algérien. Alger, Carbonel, 1922.

Moulias D. — L'organisation hydraulique des oasis sahariennes. Alger, Carbonel, 1927 (Index bibliographique).

Pouyanne M. — La propriété foncière en Algérie. Alger, Jourdan, 1900, in-16.

Privat-Deschanel P. — La question de l'eau dans le bassin du Murray (Australie) (*Annales de Géographie,* 1908, p. 145-160, 224-237, 302-318).

Ricci M. — Du régime des eaux en Algérie. Paris, A. Rousseau, 1898.

Rolland G. — Hydrologie du Sahara algérien. Paris, Imprimerie Nationale, 1894, in-4.

— Régime du bassin artésien de l'Oued Rir' et moyens de mieux utiliser les eaux d'irrigation (*C. R. Académie des Sciences,* CXXVI, 1898, p. 1589-1592).

Savornin J. — Esquisse géologique et hydrologique des Territoires du Sud. P. et G. Soubiron, 12, rue Dumont-d'Urville, Alger, 1930.

— Nombreuses études au Service de la Carte géologique non publiées.

Tolmann C. F. — Ground water. M. Graw Hull Book C°, imp. New-York and London, 1937.

U.S.A. — Publications du Geological Survey : Water supply Papers, Wat. Res. Bull. (State of California).

Ville H. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara. Paris, Imprimerie Impériale, 1868, in-4.

— Exploration géologique du Beni-Mzab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Paris, Imprimerie Nationale, 1872, in-4.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PRÉFACE 7

AVANT-PROPOS 9

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Notions d'hydrodynamique appliquées aux nappes aquifères 11

Origine des nappes aquifères 11

Types de nappes aquifères 12

Exploitation des eaux souterraines 14

I. Cas d'une nappe libre 14

II. Cas d'une nappe captive 16

Résultats obtenus 22

I. Nappes dans les calcaires 22

II. Nappes sableuses 23

Inconvénients de la non-étanchéité d'un forage... 25

Confection d'un puits dans les conditions optima.. 26

CHAPITRE II

Hydrogéologie 31

Origine des eaux artésiennes 32

CHAPITRE III

Répercussions de l'exploitation d'une nappe..... 37

Répercussions d'un puits sur les puits voisins..... 37

Répercussions réciproques des puits à l'intérieur d'une oasis 39

Répercussions réciproques des oasis 41

Les faits 43

Tendances à suivre dans l'exploitation des eaux souterraines 48

Pages

I. Ziban 48

II. Oued Rir' 49

1° Région de Djamaa 49

2° Région septentrionale de l'Oued Rir' 50

3° Région méridionale de l'Oued Rir'.. 51

III. Ouargla 52

IV. Nappe de l'Albien 52

CHAPITRE IV

Réparation des dommages causés par la multiplication des puits 55

Bilan des dommages 55

Remèdes possibles 55

I. Découvertes de nappes nouvelles 55

II. Economies d'eau 56

1° Etanchéité des puits 56

2° Utilisation de canalisations étanches 57

3° Diminution des débits en hiver 60

CHAPITRE V

Le pompage 63

I. Le pompage est-il économiquement possible? 64

1° Obstacles à l'utilisation d'engins de pompage modernes 65

2° Remèdes aux obstacles signalés 66

3° Conditions supplémentaires nécessaires à la réalisation du pompage... 66

4° Comparaison des procédés de pompage possibles 67

5° Détermination du nombre de puits à créer dans une oasis 69

II. Possibilité d'obtenir par pompage l'eau nécessaire aux irrigations 71

1° Renseignements que l'on peut obtenir de l'exécution d'un puits de pompage 71

2° Débit naturel de la nappe 73

III. Prix de revient du pompage 75

IV. Extension du pompage 76

Pages

CHAPITRE VI

Plantations sans irrigation superficielle 77

CHAPITRE VII

Les puits du pays du mouton et du Sahara..... 81

DEUXIEME PARTIE

Législation des eaux souterraines 83

I. Origine de la législation des eaux souterraines 83

II. Etude de la loi du 16 juin 1851..... 84

III. Tentatives en vue d'aboutir à une réglementation des forages dans l'Oued Rir'..... 89

IV. Mesures restreignant la liberté d'exécution des sondages sur des terres non francisées... 90

1° Statut spécial aux terres musulmanes 91

2° Tentatives diverses de réglementation 92

3°Commissions consultatives des forages 93

V. Evolution de la législation de 1919 à 1930... 97

VI. Arrêts du Conseil d'Etat du 21 mars 1930 et leurs conséquences 101

VII. Elaboration de la loi du 19 août 1933. Etude de cette loi 103

VIII. Modifications envisagées au texte de la loi de 1933 108

IX. Décret-loi du 30 octobre 1935. Décret d'application 112

X. Situation actuelle de la législation des eaux souterraines 113

XI. La législation actuelle est-elle satisfaisante?.. 119

XII. Associations syndicales 122

TROISIEME PARTIE

Exploitation des eaux souterraines en Libye, en Californie et au Dakota 125

I. Libye 125

1° Nappes phréatiques 125

2° Puits jaillissants 128

Pages

II. Californie 131

1° Exagérations de pompage 132

2° Comparaison des barrages réservoirs avec les nappes souterraines 132

3° Remèdes à l'appauvrissement des nappes 133

4° Réalisation du pompage 135

5° Réalisation des irrigations et du drainage 136

III. Dakota 137

Loi de conservation 138

QUATRIEME PARTIE

Conclusions 145

I. Aménagement des eaux souterraines connues. 145

1° Problème technique 145

2° Réalisation pratique 147

3° Le pompage dans l'Oued Rir' 150

II. Développement des exploitations souterraines 152

1° Extension des élevages 152

2° Extension des cultures 152

III. Résumé 154

BIBLIOGRAPHIE 157

Imprimeries « La Typo-Litho » et Jules Carbonel réunies — Alger